

**UNTERSUCHUNGEN ZU FRAGEN DER
MORPHOLOGISCHEN MERKMALE UND DES
WASSERHAUSHALTES
JUNGER KONIFERENPFLANZEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg i. Br.

vorgelegt von
José Geraldo de Araujo Carneiro
aus Brasilien

Freiburg im Breisgau

1980

**UNTERSUCHUNGEN ZU FRAGEN DER
MORPHOLOGISCHEN MERKMALE UND DES
WASSERHAUSHALTES
JUNGER KONIFERENPFLANZEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg i. Br.

vorgelegt von
José Geraldo de Araujo Carneiro
aus Brasilien

Freiburg im Breisgau
1980

Gedruckt mit Unterstützung der Alexander von Humboldt-Stiftung

Dekan : Prof. Dr. Rolf Grammel
Leiter der Arbeit : Prof. Dr. Helmut Schmidt-Vogt
Referent : Prof. Dr. Helmut Schmidt-Vogt
Korreferent : Prof. Dr. Dieter R. Pelz

Tag der Verkündigung des Prüfungsergebnisses: 21. April 1980



Im Gedächtnis Meiner Mutter Nair

Meinem Vater Laurindo

Meiner Frau Iracêma

Meiner Tochter Soraya

Meinem Sohn Helton

gewidmet.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545304_0003

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0 Einleitung	1
1 Einfluß des Anzuchtortes auf die Entwicklung morphologischer Merkmale von Forstpflanzen	4
1.1 Bisherige Untersuchungen zur Bedeutung und Entwicklung morphologischer Merkmale von Forstpflanzen	4
1.1.1 Bedeutung morphologischer Pflanzenmerkmale	4
1.1.1.1 Sproßhöhe	5
1.1.1.2 Wurzelhalsdurchmesser	7
1.1.1.3 Pflanzengewicht	8
1.1.1.4 Sproß-Wurzelverhältnis	9
1.1.1.5 Sonstige Merkmale	10
1.1.1.6 Gütebeurteilung und Normen für morphologische Merkmale von Forstpflanzen	13
1.1.2 Einfluß von Anzuchtort und Anzuchtmethode auf die Entwicklung morphologischer Pflanzenmerkmale	16
1.1.2.1 Einfluß des Anzuchtortes	16
1.1.2.2 Einfluß der Anzuchtmethode	18
1.1.2.2.1 Dichte im Saatbeet	18
1.1.2.2.2 Wurzelschnitt	19
1.1.2.2.3 Verschulung	22
1.1.2.2.4 Düngung	24
1.2 Eigene Untersuchungen über den Einfluß des Anzuchtortes auf die Entwicklung morphologischer Pflanzenmerkmale	26
1.2.1 Fragestellung	26
1.2.2 Untersuchungsmaterial	30
1.2.2.1 Anzuchtorte, Name und Kennnummern der für die Stichproben ausgewählten Forstbauschulen	30

	Seite
1.2.2.2 Übersicht der Herkunftsgebiete und Auswahl der Herkünfte	32
1.2.2.2.1 Fichte	32
1.2.2.2.2 Kiefer	37
1.2.2.2.3 Zahl der Pflanzen sowie Verteilung der Pflanzen nach Forstbaumschulen und Her- künften	41
1.2.3 Untersuchungsmethode	50
1.2.3.1 Untersuchte Merkmale	50
1.2.3.2 Messung von Sproßhöhe und Wurzelhals- durchmesser	50
1.2.3.3 Bestimmung des Pflanzengewichtes	51
1.2.3.4 Statistische Auswertung	52
1.2.4 Ergebnisse und Diskussion	54
1.2.4.1 Mittelwerte der Stichproben	54
1.2.4.1.1 Fichte	55
1.2.4.1.2 Kiefer	69
1.2.4.2 Mittelwerte der Sproßhöhenstufen	81
1.2.4.2.1 Fichte	83
1.2.4.2.2 Kiefer	94
1.2.5 Schlußfolgerungen	105
2 Untersuchungen über den Wasserhaushalt von ver- schiedenen Koniferenpflanzen	108
2.1 Theoretische Grundlagen	108
2.2 Methode zur Bestimmung des Xylemwasser- potentials	110
2.3 Voruntersuchungen	111
2.3.1 Messung des Xylemwasserpotentials von Nadeln oder Zweigen	111
2.3.2 Schwankungen des Xylemwasserpotentials innerhalb einer Pflanze	112
2.3.3 Erhaltung des Frischezustandes von Stichproben	113
2.4 Problemstellung	116
2.4.1 Kriterium für die Auswahl der für die Untersuchungen notwendigen Pflanzen	117

	Seite
2.5	Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen bei unterschiedlich langer Austrocknungsdauer
	119
2.5.1	Material und Methoden
	119
2.5.2	Ergebnisse
	122
2.5.2.1	Spätsommer 1978
	122
2.5.2.2	Frühling 1979
	127
2.5.2.3	Sommer 1979
	132
2.5.3	Diskussion
	138
2.6	Wasseraufnahmefähigkeit von 6- und 8-jährigen Tannenpflanzen mit unterschiedlicher Wurzelschnittlänge
	141
2.6.1	Material und Methoden
	141
2.6.2	Ergebnisse und Diskussion
	144
2.6.2.1	Xylemwasserpotentialmessungen bei 8-jährigen Pflanzen
	144
2.6.2.2	Xylemwasserpotentialmessungen bei 6-jährigen Pflanzen
	151
2.7	Wasseraufnahmefähigkeit von 6-jährigen Fichtenpflanzen in verschiedenen Standräumen
	155
2.7.1	Material und Methoden
	156
2.7.2	Ergebnisse und Diskussion
	159
2.8	Die Bestimmung des Frischezustandes mit Hilfe des Turgors, dargestellt an einer 14-jährigen Fichte
	165
2.8.1	Theorie
	165
2.8.2	Material und Methodik
	169
2.8.3	Ergebnisse und Diskussion
	174
2.8.4	Folgerungen
	177
3	Gesamtzusammenfassung
3.1	Untersuchungen zur Charakterisierung der morphologischen Pflanzenqualität
	178

	Seite
3.2 Untersuchungen über den Wasserhaus-	
halt	181
3.2.1 Zusammenhang zwischen Xylemwasser-	
potential und morphologischen Merk-	
malen bei unterschiedlich langer Aus-	
trocknungsdauer	181
3.2.2 Wasseraufnahmefähigkeit von 6- und	
8-jährigen Tannenzpflanzen mit unter-	
schiedlich beschnittener Wurzel	183
3.2.3 Wasseraufnahmefähigkeit von 6-jährigen	
Fichtenpflanzen in verschiedenen	
Standräumen	184
3.2.4 Die Bestimmung des Frischezustandes	
mit Hilfe des Turgors, dargestellt	
an einer 14-jährigen Fichte	184
3 Resumo geral	187
3.1 Material e parâmetros morfológicos	
pesquisados	187
3.2 Material e parâmetros fisiológicos	190
3.2.1 Comportamento de plantas de Fichte de	
6 anos, submetidas a diversos períodos	
de secagem ao sol e em diferentes	
estações do ano	190
3.2.2 Determinação do balanço hídrico de	
plantas de <u>Abies alba</u> (Tanne) com 6 e 8	
anos submetidas a diferentes profundidades	
de podas de raiz	192
3.2.3 Comportamento de plantas de <u>Picea abies</u>	
(Fichte) de 6 anos em diferentes	
espaçamentos no canteiro	193
3.2.4 Determinação do teor de umidade de uma	
árvore de Fichte com 14 anos, com	
auxílio da Pressão de Turgor	195
4 Literaturverzeichnis	196
5 Anhang/Tabellen	

Vorwort

Die vorliegenden Untersuchungen wurden in dem Zeitraum von September 1977 bis April 1980 am Waldbau-Institut der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg i.Br. durchgeführt.

Den vielen Personen, insbesondere den Mitarbeitern des Instituts, mit denen ich während dieser Zeit zusammengearbeitet habe, und allen Institutionen, die mich bei der Durchführung der Arbeit unterstützt haben, danke ich von ganzem Herzen. Besonders möchte ich mich bei dem STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT für das Sonderstipendium des Brasilienfonds und bei der ALEXANDER VON HUMBOLDT STIFTUNG für die Betreuung während der Laufzeit des Stipendiums bedanken.

Herrn PROF. DR. SCHMIDT-VOGT, der meine Arbeit mit Rat, Hingabe und großer Begeisterungsfähigkeit angeleitet hat, möchte ich meinen besonders großen Dank aussprechen. Seine positive Kritik und seine zuvorkommende Behandlung waren für mich während meiner Zugehörigkeit zum Institut von großer Bedeutung.

Besonderer Dank gilt auch Herrn DR. SCHÖLZKE, der mich während der Durchführung der Dissertation umfassend betreute, jederzeit bereit und hilfreich unterstützte.

Herrn DR. GROSS und allen Mitarbeitern des Forstlehrgartens in Günterstal, insbesondere Herrn UNGER und Herrn PHAM schulde ich großen Dank für die Beratung, Hilfe und Betreuung. Fräulein NOSSWITZ danke ich herzlich für die sorgfältige Durchsicht der Arbeit und Frau KLEIN für das exakte Zeichnen der Abbildungen.

Herrn PROF. DR. PELZ sowie den Herren Dozenten DR. HRADETZKY, DR. KO und DR. BERNAUER danke ich sehr herzlich für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Besonderer Dank gilt auch den Baumschulen, deren Namen in einer Liste auf Seite 31 aufgeführt sind, für die kostenlose Bereitstellung der Versuchspflanzen. Frau LESSEL-DUMMEL und anderen Kollegen danke ich für die mir entgegengebrachte Freundschaft.

Stellvertretend für die vielen Freunde, von denen meine Familie und ich große Hilfe, Verständnis und Förderungen erfahren haben, möchte ich der mit uns sehr verbundenen Familie WIGANT unseren herzlichen Dank aussprechen.

Ich bedanke mich weiterhin bei der ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT und der UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA (Brasilien), die im Rahmen ihres Partnerschaftsprojektes die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Bei Frau SIGRID BOULAY und Frau ULI BAX bedanke ich mich besonders herzlich für ihre ausgezeichnete Übersetzung.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei Herrn BRÜHNE für die grosse Hilfe während der Messungen des Xylemwasserpotentials und bei Frau ROS für das sorgfältige Schreiben der Arbeit.

0 Einleitung

Problemstellung: Bis in die jüngste Zeit war der größte Teil Südbraziiliens mit ausgedehnten Wäldern bedeckt, in denen neben den Laubbaumarten die Nadelbaumart Araucaria angustifolia (Bert. O. Ktze.) vorherrschte. 1938 begann jedoch eine wahllose Abholzung von verheerenden Ausmaßen, besonders in den vier südlichsten Staaten. Der Staat Paraná, die Heimat des Autors der vorliegenden Arbeit, war früher einer der walddreichsten Staaten Südbraziiliens. Von seinen ca. 201 200 km² waren ca. 168 400 km², d.h. ca. 83,7 % mit Urwald bedeckt. 1965 waren noch 119 680 km² mit Sekundärwald bedeckt, was ca. 59,5 % der Oberfläche ausmachte, während Urwald nur noch auf 48 136 km² anzutreffen war; dies entspricht 28,7 % des Primärwaldes oder 23,9 % der Gesamtfläche des Staates Paraná. 1973 war der gesamte Waldanteil des Staates Paraná auf 2 379 547 ha geschrumpft, was 11,83 % seiner Gesamtfläche entspricht (MAACK, 1968).

Mit dem Erlaß des Gesetzes Nr. 5.106 vom 2. September 1966 sollte die Wiederaufforstung - mit Steuervergünstigungen als Anreiz - angeregt werden. Außerdem wurde die Aufforstung über Steuervergünstigungen durch Gesetzesverordnungen gefördert, wie z.B. durch Verordnung Nr. 1134 vom 18. November 1970, die den Fiset - Fundo de Investimento Setorial - initiierte. Einige Erlasse des IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), einem Regierungsorgan, das für die brasilianische Forstpolitik verantwortlich ist, trugen ebenfalls zu einer Intensivierung der Wiederaufforstungen bei. Auch die Bundesregierung hat einige Programme aufgestellt wie z.B. das Nationale Programm für Papier und Zellstoff, ein spezielles Export-Programm und den Nationalplan für die Eisen- und Stahlindustrie. Bei fast allen großflächigen Wiederaufforstungen besteht die Gefahr, daß die einheimischen Wälder durch fremde Baumarten (Exoten) mit schnellerem Wachstum verdrängt werden.

Nach den Statistiken des IBDF betrugen die Wiederaufforstungsflächen bis 1976 im Staate Paraná 535 081 ha, die sich 1975 anteilmäßig aus folgenden Arten zusammensetzten:

<u>Araucaria angustifolia</u>	9,10 %
<u>Pinus elliottii</u> und <u>Pinus taeda</u>	58,18 %
<u>Eucalyptus spp.</u>	7,77 %
<u>Euterpe edulis</u>	22,89 %
andere Arten	2,06 %

Folglich besteht bei der Aufforstung eine überwiegende Begünstigung der ausländischen Baumarten (65,95 %) gegenüber den einheimischen (34,05 %).

Begründung für die Wahl des Themas

Das spezielle Zusammenspiel aller Faktoren wie Klima, Topographie und Boden (mit allen Schwankungen, denen jeder einzelne Faktor unterliegt) verhindert die Übertragung der örtlich ermittelten Ergebnisse auf Gebiete mit anderen ökologischen Bedingungen. Es ist bekannt, daß die Resultate aus Studien nur für die Gebiete relevant sind, in denen die Erhebungen durchgeführt wurden. Folglich können in Brasilien diejenigen Normen nicht angewandt werden, die in Ländern mit anderen Bedingungen aufgestellt wurden. Jedoch können die Forschungstechniken angeglichen und gleichartige Untersuchungen aus anderen Ländern in den ökologisch verschiedenen Regionen Brasiliens durchgeführt werden.

Die Dissertation beschäftigt sich mit der Qualität und dem Wasserhaushalt von Forstpflanzen. Dieser Problemkreis ist für Brasilien von großer Bedeutung, weil hier die Kosten für die Nachbesserung auf Grund der großen Ausfallrate sehr hoch sind.

Die Arbeit ist in zwei Abschnitte gegliedert.

Der erste Abschnitt befaßt sich mit den morphologischen Merkmalen von Forstpflanzen. Nach einer Literaturübersicht wird die Frage untersucht, ob der Standort einer Forstbaumschule im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland einen Einfluß auf die morphologischen Eigenschaften von Fichten- und Kiefernpflanzen ausübt. Im besonderen soll hier eine Aussage in einer Dissertation von AKSOY (1965) über den Einfluß des Klimas in Norddeutschland und Süddeutschland auf die Pflanzenentwicklung überprüft werden. Dieses Problem ist in dem Kapitel 1.2.1 eingehend dargestellt.

Der zweite Abschnitt ist Fragen des Wasserhaushaltes bzw. des Frischezustandes von Forstpflanzen gewidmet. Dieser Fragenkomplex ist für Brasilien von besonderer Bedeutung, da bei den hohen Temperaturen beim Transport von Forstpflanzen über größere Entfernungen hinweg, die Gefahr der Austrocknung von Forstpflanzen besteht. Untersucht wurde der Einfluß von Austrocknungszeiten, Standraum im Verschulbeet und Wurzelschnitt auf die Wasserbilanz junger Fichten- und Tannenpflanzen. Für den letzten Versuch zur Beziehung von Pflanzenfrische und Turgor wurde aus methodischen Gründen eine 14jährige Fichte gewählt (Abschnitt 2.8).

1 Einfluß des Anzuchtortes auf die Entwicklung morphologischer Merkmale von Forstpflanzen

1.1 Bisherige Untersuchungen zur Bedeutung und Entwicklung morphologischer Merkmale von Forstpflanzen

Auf den folgenden Seiten wird kein umfassender Gesamtüberblick über die Literatur gegeben. Es werden lediglich an Hand einiger Beispiele aus der Literatur die wichtigsten Merkmale zur Beurteilung der Pflanzenqualität aufgezeigt. Da zur Beurteilung von forstlichem Saat- und Pflanzgut nicht nur ein einziges morphologisches Merkmal herangezogen werden sollte, werden in folgender Arbeit u.a. diese Merkmale sowie ihre Beziehung untereinander dargestellt.

Zwischen den einzelnen morphologischen Merkmalen der Pflanzen bestehen Interdependenzen. In dieser Arbeit werden die morphologischen Eigenschaften zur Verdeutlichung getrennt behandelt.

1.1.1 Bedeutung morphologischer Pflanzenmerkmale

Kriterien für die Qualitätsklassifikation ergeben sich aus dem Überlebens- und Entwicklungsvermögen der Pflanzen nach der Verpflanzung (WAKELEY, 1954). So werden für die Klassifikation i.a. die morphologischen Merkmale einer Pflanze untersucht.

Die Wirkung der inneren Merkmale kann ebenso wichtig sein wie die der äußeren Form. Um die Wirkung der inneren Merkmale von der der morphologischen Merkmale zu unterscheiden, werden diese als physiologische Eigenschaften bezeichnet (WAKELEY, 1954; MACNAUGHTON, 1966; SCHUBERT und ADAMS, 1971).

Viele Wissenschaftler in Europa, insbesondere aber in Deutschland, beschäftigen sich mit den physiologischen Eigenschaften der Pflanzen, insbesondere mit deren Wasserhaushalt und Ernährungszustand, sowie den genetischen Anlagen. Diese Erblichkeitsfaktoren sind für die Ausbildung bestimmter morphologischer Merkmale von Bedeutung.

1.1.1.1 Sproßhöhe

Die Einordnung von Forstpflanzen in die entsprechenden Qualitätsstufen erfolgt für die verschiedenen Baumarten nach morphologischen Merkmalen. Dabei erfolgte die Sortierung der Pflanzen lange Zeit nach einem einzigen Kennzeichen, nämlich der Sproßhöhe. Dieses Merkmal wurde erstmals von FLURY (1895) vorgeschlagen.

Vielfach förderten Erzeuger von Forstpflanzen mit übermäßigen Stickstoffdüngungen das Höhenwachstum der Pflanzen in unverträglichem Maße. Die dadurch in ihrem physiologischen Zustand geschwächten Pflanzen verursachten auf den Kulturen schwerwiegende Ausfälle.

SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1967) unterzogen 2+2 jährige Fichtenpflanzen einem Austrocknungsversuch, um bei diesen vor der Pflanzung in der Sonne ausgetrockneten Pflanzen die Überlebensrate und das Längenwachstum zu beobachten. Bei Pflanzen mit einer Sproßlänge zwischen 75-85/80 cm war ein größerer Ausfall zu verzeichnen als bei kleineren Pflanzen mit 35-45/40 cm Sproßlänge.

SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1969) berichten, daß bei einem Auspflanzungsversuch mit Fichten die Ausfälle im zweiten Jahr überwiegend bei kleineren Pflanzen zu beobachten waren. Als Hauptgrund für die Ausfälle der kleineren Pflanzen wird die Konkurrenz mit Unkraut angesehen.

GÜRTH (1969) untersuchte Fichtenpflanzen und stellte fest, daß ohne große Unkrautkonkurrenz, aber unter ungünstigen Witterungsbedingungen der Prozentsatz der überlebenden Pflanzen nach der Verpflanzung bei kleineren Pflanzen höher war als bei größeren mit vergleichbarem Wurzelhalsdurchmesser. Ebenso war auch ein besseres relatives Höhenwachstum zu beobachten.

GÜRTH (1970b) kam durch Untersuchungen des Wachstums und des Wasserhaushaltes an Forstpflanzen verschiedener Dimension und Stufigkeit zu dem Ergebnis, daß die größeren Pflanzen einen labileren Wasserhaushalt besitzen. Sie zeigten nach der Verpflanzung in Bezug auf das Anwuchsprozent und Zuwachsverhältnis schlechtere Ergebnisse als die kleineren Pflanzen. Der Autor be-

gründet diese Tatsache mit dem geringeren Feinwurzelanteil der größeren Versuchspflanzen.

RICHTER (1971) hat Douglasien, die vierjährig mit einer Größe von 25 - 50 cm gepflanzt worden waren, im Alter von fünf und zehn Jahren in fünf Höhenklassen eingeteilt. Das Höhenwachstum dieser Klassen zeigte eine enge Korrelation mit der Ausgangsgröße der Pflanzen. Die höchsten Klassen zeigten mehr als doppelt so großen Zuwachs wie die kleinsten Klassen.

PAWSEY (1972) untersuchte die Abhängigkeit zwischen Sproßhöhe im Jugendstadium und der Entwicklung von Pinus radiata - Pflanzen. Pflanzen, deren Sproßhöhe unter 13 cm lag, waren im allgemeinen den größeren Sämlingen unterlegen. Die Qualität des Wurzelsystems war nur bei über 7,5 cm großen Sämlingen für das Wachstum von Bedeutung.

LOKVENC, KRIEDEL und TEMMLOVA (1977) kamen bei einer Untersuchung von Picea abies (2+2 und 2+3 Jahre), Pinus silvestris (1+2 Jahre) und Larix decidua (2+0 Jahre) zu dem Ergebnis, daß die Länge des oberirdischen Teils der Pflanzen und deren Wurzelhalsdurchmesser als die wichtigsten morphologischen Merkmale für die Entwicklung nach der Verpflanzung zu betrachten sind. Die höchste Überlebensrate wurde bei größeren Pflanzen, die eine Höhe zwischen 35 cm und 50 cm sowie einen Wurzelhalsdurchmesser von 10 mm aufwiesen, festgestellt. Die Sproßlänge der Pflanzen hängt außerdem von der Provenienz ab. Pflanzen aus Tieflagen zeigen ein besseres Höhenwachstum als solche aus Hochlagen.

So wurde als weiteres Beurteilungskriterium der Wurzelhalsdurchmesser eingeführt. In den EG-Richtlinien von 1971 und in der Novellierung des forstlichen Saat- und Pflanzgutgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland von 1979 werden für bestimmte Alter Rahmenwerte für die Sproßlänge und Werte für den Wurzelhalsmindestdurchmesser für normales und gedrungenes Pflanzgut eingeführt (vgl. Abschnitt 1.1.1.6).

1.1.1.2 Wurzelhalsdurchmesser

Untersuchungen des Wurzelhalsdurchmessers haben gezeigt, daß eine enge Korrelation zwischen Wurzelhalsdurchmesser und der Überlebensrate der Pflanzen nach der Verpflanzung bestehen (STOECKELER und SLABAUGH, 1965; SCHUBERT und ADAMS. 1971).

Die Gültigkeit der Sproßhöhe als morphologisches Klassifikationsmerkmal konnte von CARNEIRO (1976) in einem Experiment mit Pinus taeda - Pflanzen nicht nachgewiesen werden. Der Wurzelhalsdurchmesser dahingegen ist als morphologisches Merkmal zu verwenden.

Wie Untersuchungen von SCHMIDT-VOGT (1966) an Fichtenpflanzen ergeben haben, können die Merkmale Wurzelhalsdurchmesser und Pflanzengewicht sich gegenseitig vertreten. Weiterhin kann angenommen werden, daß eine starke Wurzelzone mit großem Durchmesser mehr Reserven für eine Wurzelneubildung in sich birgt, als eine schwache Zone mit geringem Durchmesser. Ein starker Wurzelhalsdurchmesser dürfte demnach eine günstige Voraussetzung für ein schnelles Anwurzeln bilden.

Bei Liriodendron tulipifera ist ein enger Zusammenhang zwischen dem Wurzelhalsdurchmesser und der Überlebensrate sowie dem Höhenzuwachs während der ersten Jahre festzustellen (WEEB, 1966; KARTELEV, 1969).

Nach ANSTEY (1971) ist das Höhenwachstum von einjährigen Pinus radiata-Pflanzen nach der Verpflanzung nur vom Sproßdurchmesser am Wurzelhals abhängig.

WILSON und CAMPBELL (1972) finden bei Pseudotsuga menziesii enge Relationen zwischen Sproßlänge und Wurzelhalsdurchmesser einerseits und dem Wurzelgewicht und Sproßgewicht andererseits.

ABETZ und PRANGE (1975) untersuchten 18 Fichtenpflanzensortimente. Es handelt sich um einmal verschulte fünf- bis achtjährige Pflanzen mit einer Höhe bis zu 1,60 m Höhe und nackten, erdigen oder ballierten Wurzeln. Die Autoren empfehlen, "auf stark vergasenden, wechselfeuchten Standorten größere Fichten mit starkem Sproßbasisdurchmesser zu pflanzen (!/D-Werte um 45 - 55).

Bei einer Untersuchung von Liriodendron tulipifera-Pflanzen hat

LOFTUS (1975) beobachtet, daß durch anhaltenden Wassermangel im Boden die Zunahme des Wurzelhalsdurchmessers verringert wird. Damit verbunden ist auch eine Reduzierung des Sproßtrockengewichtes, des Höhenwachstums und der Ausbildung des Wurzelwerkes.

Messungen an Cercocarpus ledifolius haben gezeigt, daß die Länge des Wurzelwerkes mit steigendem Wurzelhalsdurchmesser zunahm. Dies weist darauf hin, daß Pflanzen mit größerem Wurzelhalsdurchmesser eine bessere Überlebenschance haben (TALLEY und DEALEY, 1975).

KLEINSCHMIT (1978) stellt fest, daß zwischen Wurzeltrockengewicht und Wurzelhalsdurchmesser von dreijährigen Fichtenpflanzen enge Abhängigkeiten bestehen.

1.1.1.3 Pflanzengewicht

Die Faktoren, die die Sproßlänge beeinflussen, spielen bei der Entwicklung des Pflanzengewichts ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Herkunft und das Samengewicht, die Höhenlage und die geographische Breite des Standorts der Baumschule, sowie das Nährelementangebot im Boden üben einen deutlichen Einfluß auf das Gewicht der Pflanzen und die Entwicklung des Sprosses aus. Die Entwicklung des Pflanzengewichts hängt weiterhin von dem Standraum der Pflanzen im Saat- und Verschulbeet ab. Mit einer geeigneten Düngung, die die Wurzelbildung begünstigt, kann das Verhältnis von Pflanzengewicht zu Sproßlänge verbessert werden (SCHMIDT-VOGT, 1966).

Bei der Untersuchung des Gewichts von Forstpflanzen als Qualitätsmerkmal kann zwischen drei Arten unterschieden werden:

- 1) Bestimmung des Gewichts der gesamten Pflanze
- 2) Bestimmung des Sproßgewichts
- 3) Bestimmung des Wurzelgewichts

Das Sproßgewicht gibt einen guten Hinweis auf die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen. Dies wird auch von SCHMIDT-VOGT (1966) bestätigt, da der Entwicklungsstand des Sprosses und der Seitentriebe durch deren Trockengewicht gut beschrieben wird. Der Autor macht jedoch darauf aufmerksam, daß dieses Trockenge-

wicht nur im Zusammenhang mit der Sproßlänge als Qualitätsmerkmal betrachtet werden kann, wobei ein wesentlicher Nachteil aus der Nichtbeachtung des Wurzeltrockengewichts entsteht. Im gleichen Maß wie das Trockengewicht des Sprosses wird auch das Trockengewicht der Wurzel von der Herkunft des Samens und der Lage der Baumschule beeinflusst. Dieses Gewicht kann nur dann als Klassifikationskriterium verwendet werden, wenn gleichzeitig die Sproßlänge in Betracht gezogen wird.

HULTÉN (1976) überprüfte das Trockengewicht von Nadeln am Ende der ersten Vegetationsperiode in Hinblick auf seine Eignung als Kriterium für die Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen. Bei der Beobachtung des Wachstums in dem folgenden Jahr fand er bei Pinus silvestris Korrelationen zwischen Nadelgewicht und dem Wachstum im zweiten und dritten Jahr. Darüber hinaus ergaben sich bei Pinus silvestris und Picea abies Korrelationen zwischen Nadelgewicht und Pflanzenstandraum. Mit steigendem Trockengewicht steigt die Sproßlänge; je dichter die Pflanzen im Beet gestanden haben, umso geringer ist das Trockengewicht der Nadeln.

JANSON (1971) führte eine Untersuchung an einjährigen Kiefern-sämlingen durch, die folgendes Ergebnis brachte: Das Trockengewicht, sowohl vom Sproß als auch von der Wurzel, nimmt mit steigender Pflanzendichte im Saatbeet ab.

KLEINSCHMIT (1978) untersuchte verschulte dreijährige Fichtenstecklinge. Er kam zu folgenden Unterschieden: Die Stecklinge haben ein höheres Frischgewicht und ein höheres Trockengewicht als die Sämlinge. Außerdem beobachtete er, daß der relative Wurzelanteil sowohl bei Stecklingen als auch bei Sämlingen relativ gleich ist. Er beträgt bei Sämlingen 29 % und 30 % des Gesamtgewichtes und bei Stecklingen 27 - 29 %, gemessen in Frisch- und Trockengewicht.

1.1.1.4 Sproß-Wurzelverhältnis

Bei der Untersuchung des Sproß-Wurzelverhältnisses kann einmal von den Längen, zum zweiten von Trocken- und zum dritten vom Frischgewicht ausgegangen werden. Weiterhin ist das Verhältnis von Sproßlänge zu Wurzelhalsdurchmesser, das sogenannte H/D Ver-

hältnis, als eines der Stufigkeitsmerkmale ein guter Maßstab für die Beurteilung der Forstpflanzen (SCHMIDT-VOGT, 1966).

In Bezug auf das Verhältnis zwischen Sproß- und Wurzellänge und der Überlebensrate nach der Verpflanzung ergeben sich in der vorhandenen Literatur verschiedene Widersprüche. Eingehende Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex erschienen notwendig (TRAPPE, 1971).

Bei der Betrachtung des Sproß-Wurzelverhältnisses in Bezug auf Trocken- beziehungsweise Frischgewicht läßt sich sagen, daß Pflanzen mit einem im Verhältnis zum Sproß steigenden Wurzelgewicht größere Überlebenschancen haben.

LIMSTROM (1963) bezeichnet als wirksames Kriterium zur Qualitätsbestimmung von Forstpflanzen das Verhältnis zwischen Wurzelhalsdurchmesser und Länge und Gewicht der Wurzel einerseits und der Länge und dem Gewicht des Sprosses andererseits.

BOSSHARD (1964) stellte fest, daß nach der Verpflanzung von Fichten-, Eschen- und Föhrenpflanzen die Anpassungszeit an den neuen Boden aufgrund der unterschiedlichen Ausbildung des Wurzelwerkes ein bis zwei Vegetationsperioden dauert. So scheint es verständlich, daß sich bei vergleichbaren Sproßlängen diejenigen Pflanzen nach der Verpflanzung schneller erholen, die ein kräftiges Wurzelsystem aufweisen. Nach GÜRTH (1976) sind große Fichtenpflanzen aufgrund ihres ungünstigen Sproß-Wurzelverhältnisses bei der Verpflanzung besonders gefährdet.

1.1.1.5 Sonstige Merkmale

Durch die für die Pflanzen vorteilhafte Symbiose zwischen den Pflanzenwurzeln und Mykorrhizapilzen werden in der Morphologie und Anatomie der Wurzeln Veränderungen verursacht. Durch die Mykorrhiza wird eine Verzweigung der Wurzelenden verursacht, wobei sich deren weißleuchtende Farbe mit der Zeit verdunkelt (DEICHMANN, 1967). Bei der Mykorrhiza werden drei Arten unterschieden: einmal die ektotrophische Mykorrhiza, bei der sich die Hyphen in die Zwischenräume der Zellen schieben. Diese Art ist bei der Gattung Pinus zu finden. Ein anderer Mykorrhizatyp, die

endotrophische Mykorrhiza, tritt in 75 % aller Fälle auf, so zum Beispiel auch bei Araucaria, Podocarpus und Cupressus (SABATKE NETO, 1971). Hier dringen die Hyphen ins Innere der Zelle ein. Als peritrophische Mykorrhiza werden Verbindungen bezeichnet, bei denen das Pilzmyzelium die Wurzel oberflächlich bedeckt, ohne in sie einzudringen. Für ihre Entwicklung benötigen die Pilze organische Substanz, die Kohlehydrate enthält.

Intensive Lichteinstrahlung begünstigt die Anreicherung dieser Substanz und fördert infolgedessen auch die Bildung und Entwicklung der Pilze. Geeignete Feuchtigkeit, Säuregehalt sowie Durchlüftung und Temperatur des Bodens sind weitere Faktoren für die Entwicklung der Mykorrhizapilze (GRANJA, 1970). Bei dieser Verbindung liefern die Gastpflanzen den Pilzen einfache Kohlehydrate und Zucker, während als Gegenleistung hauptsächlich Enzyme und Auxyme abgegeben werden, wobei die letzteren wahrscheinlich für die Wurzelgabelung verantwortlich gemacht werden können.

Die Symbiose zwischen Wurzeln und Mykorrhiza erfüllt für die Pflanze folgende Funktionen (GRANJA, 1970 und MARX, 1975):

- a) eine bessere Wurzelgabelung und eine Verzögerung der Verkorkung,
- b) eine Erhöhung der Aufnahmefähigkeit von Nährelementen aus dem Boden durch eine Vergrößerung des Wurzelwerks und des Metabolismus,
- c) eine Steigerung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Toxinen aus dem Boden, hoher Bodentemperatur und Azidität,
- d) Erhöhung der CO₂-Produktion und Elimination der organischen Säuren, wodurch eine bessere Löslichkeit der Phosphate und der Eisenkomplexe erzielt wird,
- e) Steigerung der Assimilationsfähigkeit von Phosphationen: K, Ca, Mg und Fe,
- f) Behinderung der Aufnahme von Pathogenen.

BJÖRKMANN (1956) betrachtet die Mykorrhizabildung als zuverlässiges Symptom für die Entwicklungsfähigkeit nach der Verpflanzung. Pflanzen in geimpften Boden wachsen merklich schneller als in ungeimpften. Sie zeigen auch deutlich eine größere Sproßhöhe und ein größeres Trockengewicht der Wurzel (BRYAN und RUEHLE, 1964).

Experimente mit Schutzhecken gegen Wind- und Wassererosion haben ebenfalls gezeigt, daß die Mykorrhiza den Pflanzungserfolg verbessert (ALDON, 1975). Bestimmte Mykorrhizaarten eignen sich ökologisch besser für bestimmte Standorte als für andere. Daher wachsen Pflanzen mit Pilzen, die für den jeweiligen Standort geeigneter sind, besser als solche mit Pilzen, die sich an diesem Standort weniger anpassen, was sich in der Überlebensrate und dem Entwicklungsstand der Pflanzen zeigt (MARX, 1975).

MARX und BRYAN (1971) haben den Einfluß dieser Symbiose auf Pinus taeda-Pflanzen bei einer Bodentemperatur von 40°C untersucht. Die geimpften Pflanzen hatten eine Überlebensrate von 70 und 95 % und die nicht geimpften von 45 %. Die Differenz in der Überlebensrate bei geimpften Pflanzen ist auf die unterschiedliche Reaktion der Pilze auf den Standort zurückzuführen. MOSER (1956) macht auch über die Spezialisierung der Mykorrhizapilze aufmerksam in Bezug auf bestimmte Baumarten und auf ökologische Standorte und Klimabedingungen. Er hat auch in über Jahrhunderte hindurch entwaldeten Gebieten in den Alpen festgestellt, daß heute die geeigneten Mykorrhizapilze fehlen oder sich zumindest in einem inaktiven Zustand befinden. Derselbe Autor (1959) findet, daß zwei Faktoren besonders zu berücksichtigen sind: Impfungszeit und die Reaktion der Pilze auf Düngung. Er vertritt die Auffassung, die Pilze sollten in den aktivsten Wurzelwachstums- und Mykorrhizapilzewachstums-Perioden geimpft werden. Die Zeiten des aktivsten Wachstums differieren je nach Pflanzenart und Höhenlage, im Mittel wird die Zeit April - Mai sowie die zweite Juli- und erste Augushälfte als Hauptwachstumsperiode angesehen.

Als weitere Kriterien zur Bestimmung der Pflanzeigenschaften sind nach WAKELEY (1954) die Biegsamkeit des Sprosses, die Rindenbildung und die Größe der Nadeln anzusehen.

BOSSHARD (1964) zieht neben der Färbung auch die Anzahl der Seitentriebe und die Länge der Frühjahrtriebe zur Qualitätsbeurteilung heran. RÄSÄNEN (1972) weist darauf hin, daß die Pflanzen ein natürliches, gesundes Aussehen haben müssen in Bezug auf Farbe, Verzweigung oder andere äußere Merkmale. BÖHM (1979) betont die Bedeutung des Wurzelsystems und beschreibt folgende Merkmale:

Wurzelsanzahl, Wurzeltrockengewicht, Wurzeloberfläche, Wurzelvolumen, Wurzeldurchmesser und Wurzellänge.

1.1.1.6 Gütebeurteilung und Normen für morphologische Merkmale von Forstpflanzen

Es ist im allgemeinen bekannt, daß sich auf Grund der wechselnden Standortverhältnisse die Richtlinien für die Forstpflanzenproduktion, die Anzuchtmethoden und die Ansichten über die Pflanzeigenschaften in den einzelnen Regionen und Ländern unterscheiden. In den intensiven Diskussionen über die Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit der Einführung von EWG einheitlichen Mindestnormen für Saat- und Pflanzgut, ist die Tatsache, daß die einzelnen Länder in steigendem Maße Qualitätsnormen geschaffen haben, ein wesentlicher Gesichtspunkt. Auf Grund ihrer Unterschiedlichkeit behindern diese Normen den gemeinsamen Markt, zumindest aber erschweren sie ihn. Daher haben alle Mitgliedsstaaten ein Interesse daran, daß gemeinschaftliche Regeln mit hohen Anforderungen eingeführt werden (SCHMIDT-VOGT, 1972).

Die EWG Normen beziehen sich auf verschultes Pflanzgut und auf verschiedene Baumarten (RICHTLINIE des Rates der Europäischen Gemeinschaft, 1971, und GESETZ über forstliches Saat- und Pflanzgut BDR, 1979). Anschließend sind die EWG-Mindestnormen für verschultes Pflanzgut für Picea abies und Pinus silvestris dargestellt:

Tab. 1 : EWG-Mindestnormen für verschultes Pflanzgut (Ausschnitt)

Baumarten	Normales Pflanzgut			Gedrungenes Pflanzgut		
	Höchstalter (Jahre)	Höhe (cm)	WHD (mm)	Höchstalter (Jahre)	Höhe (cm)	WHD (mm)
<u>Picea abies</u>	3	15-25	4	4	15-20	4
	4	25-40	5	4	20-30	5
	5	40-55	6	5	30-40	6
	5	55-65	7	5	40-50	8
	5	65-80	9	5	50-60	9
	-	80u.+	10	6	60u.+	10
<u>Pinus silvestris</u>	2	6-15	3	2	6-10	3
	3	15-25	4	3	10-20	4
	3	25-35	5	3	20-30	5
	3	35-45	6	3	30-40	6
	4	45-55	7	4	40-50	7
				-	50u.+	8

WHD = Wurzelhalsdurchmesser

Vor der Einführung der EWG-Mindestnormen wurde die Qualitätsbeurteilung für forstliches Pflanzgut in den einzelnen Ländern unterschiedlich gehandhabt: In Frankreich z.B. bauten die Normen, die die meisten Nadelhölzer erfassen, auf der Sproßlänge und dem Sproßdurchmesser auf. In Belgien dahingegen gingen die Bestimmungen von einer Mindesthöhe der Pflanzen aus, die nicht unterschritten werden durfte (SCHMIDT-VOGT, 1972).

OLDENKAMP (1971) entwickelte in den Niederlanden Qualitätsnormen für folgende Nadel- und Laubhölzer: Fichte, Kiefer, Lärche, Douglasie, Erle, Buche, Roteiche und Esche. Als Bewertungskriterien wurden angegeben: zulässige Zahl Verschulpflanzen pro m² in der Baumschule, Mindesthöhe, Mindestwurzelhalsdurchmesser im Verhältnis zu Länge, Zahl der Pflanzen pro ha bei der Auspflanzung im Freiland sowie der ungefähre Prozentsatz der zur Auspflanzung geeigneten Pflanzen im Verhältnis zur ursprünglichen Population im Saatbeet.

Außerhalb der europäischen Gemeinschaft wurde in der UdSSR für Pinus silvestris ein neues Standardisierungsprinzip vorgeschlagen, das von zwei einander relativ entgegengesetzten Aspekten ausgeht: die besten Pflanzen einerseits und die akzeptablen Pflanzen andererseits. Diese Aspekte werden nach KARTELEV (1969) anhand des Wurzelhalsdurchmessers, des Verhältnisses des aktiven Wurzelgewichtes zum Nadelgewicht, der Länge des Wurzelsystems, der Häufigkeit ausgebildeter Terminalknospen und des Verhältnisses zwischen Durchmesser und Höhe bestimmt.

LEIKOLA und RAULO (1973) berichten, daß in Finnland ab 1974 die Klassifikation auf der Sproßhöhe und dem Wurzelhalsdurchmesser beruhen soll. RÄSÄNEN (1976) führt weiter aus, daß die für die Klassifikation entscheidenden Faktoren untergliedert sind in: mittlere Pflanzenhöhe, empfohlene Pflanzenhöhe, Mindesthöhe sowie Mindestwurzelhalsdurchmesser. Die Arbeit für die Erneuerung des finnischen Klassifizierungssystems wurde auf Initiative der Forstwirtschaftlichen Saat- und Pflanzgutkommission im Jahre 1967 begonnen. Zehn Jahre später wurde das neue System eingeführt (PARVIAINEN, 1978).

Tab. 2 : Finnisches Klassifizierungssystem für Kiefern- und Fichten-Pflanzen

<u>Pinus silvestris</u>	Größenklassen			
	I	II	III	VI
1) Mittlere Sproßhöhe (cm)	-12	13-18	19-25	26-
2) Empfohlene Sproßhöhe (cm)	10	15	21	29
3) Mindesthöhe (cm)	6	10	15	21
4) Mindestwurzelhalsdurchmesser	2,5	3,0	3,5	4,0
<u>Picea abies</u>	I	II	III	VI
1) Mittlere Sproßhöhe (cm)	-27	28-34	35-42	43-
2) Empfohlene Sproßhöhe (cm)	24	30	38	47
3) Mindesthöhe (cm)	15	20	26	33
4) Mindestwurzelhalsdurchmesser	4,0	4,5	5,0	5,5

In Norwegen wurden die heutigen Qualitätsnormen für die Fichte in den Jahren 1959 und 1960 festgelegt (MOEN 1968; KOHMANN 1976). Die qualitativ schlechtesten und kleinsten Pflanzen werden ausgeschieden. Kriterium hierfür ist die Mindesthöhe, die sich nach dem Alter der Pflanzen verändert. Eine Mindestprozentanzahl muß aus den Beeten ausgeschieden werden (aus den unverschulten 20 % und aus den verschulten 5 %).

In Schweden hat die Staatsforstverwaltung im Jahre 1964 die Qualitätsnormen für wurzelnackte, verschulte Kiefern- und Fichtenpflanzen festgelegt. Bei der Sortierung werden eine bestimmte Mindesthöhe der Pflanzen und Gleichmäßigkeit des gesamten Pflanzgutes berücksichtigt. Die Mindesthöhe entspricht einer normalen Entwicklung und kann in Abhängigkeit von der Höhe der Mittelpflanze verändert werden. Das Pflanzgut wird nach Größenklassen eingeteilt (PARVIAINEN, 1978).

1.1.2 Einfluß von Anzuchtort und Anzuchtmethode auf die Entwicklung morphologischer Pflanzenmerkmale

Die Entwicklung junger Forstpflanzen wird außer durch das Erbgut im wesentlichen durch die Umwelt beeinflusst. Von diesen Faktoren werden im folgenden nur die herausgegriffen, die für die Entwicklung der Pflanzen von besonderer Bedeutung sind.

1.1.2.1 Einfluß des Anzuchtortes

Die Höhenlage eines Pflanzengartens wirkt sich in der Kombination verschiedener Einzelfaktoren auf die Entwicklung der Pflanzen aus. Als bedeutendste dieser Einflußfaktoren, die durch die Höhenlage modifiziert werden, können genannt werden: die Temperatur, die Vegetationsdauer, die Strahlungsintensität, in höheren Lagen die photoperiodischen Verhältnisse unterschiedlicher Expositionen sowie die mechanische Einwirkung von Schnee und Eis.

ENGLER (1905) hat verschiedene Fichtenherkünfte in Pflanzgärten unterschiedlicher Höhenlagen nachgezogen. Zwischen der Pflanzenentwicklung in den hochgelegenen Pflanzgärten und der Pflanzenentwicklung in den tiefgelegenen Pflanzgärten ergaben sich große Unterschiede. Herkünfte aus Hochlagen zeigten beim Anbau in tiefgelegenen Pflanzgärten eine erheblich geringere Leistung als Herkünfte aus Tieflagen. In den Pflanzgärten der höheren Lagen war diese Wuchshemmung nicht festzustellen, es kam sogar vor, daß die Hochlagenherkünfte den aus tieferen im Höhenwuchs überlegen waren (CIESLAR, 1899).

RUPF, SCHÖNHAR und ZEYHER (1961) vertreten die Auffassung, daß in bestimmten Regionen Pflanzschulen in Lagen über 800 m NN weniger gut für die Pflanzgartenarbeit geeignet sind, da durch die Kürze des Frühlings die Zeit für diese Arbeiten zu knapp bemessen ist. Diese Autoren sind der Ansicht, daß die häufig vertretene Meinung, in tieferen Lagen erzogene Pflanzen taugten nicht für Hochlagen, in dieser Formulierung nicht richtig ist, da aus Saatgut von Hochlagenbeständen in tieferen Lagen durchaus Pflanzen erzogen werden können, die sich in Höhenlagen als geeignet erweisen. Verwendet man jedoch in hochgelegenen Pflanzgärten

ein Saatgut aus Tieflagenbeständen, entstehen Pflanzen, die trotz des Erziehungsortes für das Höhenklima ungeeignet sind.

FEILER (1974) bearbeitete in einer Studie über Picea abies Pflanzungen in Höhenlagen zwischen 110 und 840 m, wobei sie durch Zählen der Nadeln, Messungen der Pflanzenhöhe und Trockensubstanzbestimmungen eine signifikante Überlegenheit der Pflanzen feststellte, die in der höheren Lage (840 m) erzogen wurden. Dies gilt sowohl für die Überlebensrate der Pflanzen als auch für das Wachstum nach der Verpflanzung.

Bei Herkünften aus verschiedenen geographischen Breiten zeigen sich ähnliche Verhältnisse. So zeigten Herkünfte aus dem nördlichen Schweden in den hochgelegenen Pflanzgärten ein besseres Höhenwachstum als in den tiefergelegenen (ENGLER, 1913).

Insgesamt kann gesagt werden, daß sich für hochgelegene Pflanzgärten lediglich die Nachzucht von Hochlagenherkünften empfiehlt.

LARSON (1967) führte folgenden Versuch mit Pinus ponderosa durch. Bei konstanter Lufttemperatur und Bodenart wechselte die Bodentemperatur zwischen 7° und 31°C und die Lufttemperatur bei Tag und Nacht zwischen 7° und 23°C. Er ermittelte, daß das Wurzelwachstum von der Bodentemperatur beeinflusst wird, während die Entwicklung des oberirdischen Pflanzenteils von der Lufttemperatur abhängt.

Wasserhaushalts- (TESCHE et al., 1972) und Trockenbelastbarkeit-untersuchungen (FEILER et al., 1972) an Fichtenjungpflanzen zeigten den Einfluß der Anzuchtbedingungen auf die verschiedenen physiologischen Reaktionen und die damit verbundene unterschiedliche Ausbildung der morphologischen Merkmale. In höheren Lagen erzogene Pflanzen weisen eine intensive Assimilation, ein besseres Verhältnis zwischen Assimilation und Respiration sowie einen geringeren Wasserverlust auf als vergleichbare Tieflagenpflanzen. Sie bilden bei Trockenbelastung größere Höhenzuwüchse und mehr Trockensubstanz.

AKSOY und WEBER (1966) kamen zu dem Ergebnis, daß auch die Zweigungs- und Benadelungsfähigkeit von Fichtenpflanzen durch die klimatischen Unterschiede der Baumschulstandorte beeinflusst

werden. Sie konnten in einem Pflanzversuch mit 2+1 jährigen Fichtenpflanzen nachweisen, daß das von Natur aus auf lockeren Boden gewachsene Material sich besonders durch reichlichere Bezweigung und Benadelung auszeichnet. Die Verwendung von Torf als Anzucht-Substrat wirkte ebenfalls fördernd auf die oberirdische Pflanzenentwicklung, während die Wurzelbildung etwas zurückblieb.

1.1.2.2 Einfluß der Anzuchtmethode

1.1.2.2.1 Dichte im Saatbeet

Unter der Dichte im Saatbeet versteht man die Anzahl der Pflanzen pro m². Die ideale Dichte hängt neben anderen Faktoren von der Baumart und dem Standort der Baumschule ab. So liegt z.B. die ideale Dichte bei Eiche bei einer geringeren Pflanzenanzahl als bei Kiefer. An Baumschulstandorten mit optimalen Produktionsbedingungen kann die ideale Dichte größer sein als an Standorten mit ungünstigen Produktionsbedingungen. Die ideale Zahl der Sämlinge pro Quadratmeter ist in jeder Baumschule unterschiedlich und kann nur mit Hilfe der örtlichen Erfahrung und durch Probeaussaaten ermittelt werden (WAKELEY, 1954).

In jeder Baumschule sollte versucht werden, mit möglichst geringen Kosten eine maximale Anzahl von Pflanzen mit hohem Qualitätsstandard zu erzielen. Wenn die Pflanzen die ideale Dichte pro m² überschreiten, resultieren daraus Pflanzen kleinerer Dimensionen sowie eine geringere Anzahl von Pflanzen guter Qualität (WEBB, 1966; SCHUBERT und ADAMS, 1971).

Mit wachsender Dichte nimmt die Anzahl der Pflanzen hoher morphologischer Qualität ab. Da bei größeren Dichten auch eine größere Ausschußmenge an Pflanzen auftritt, muß man bezüglich der Dichte im Saatbeet auf die Produktivität des jeweiligen Bodentyps achten (BURNS und BRENDENMUEHL, 1971).

STOECKELER (1967) hat die Dichte im Saatbeet an 3+0 jährigen Pflanzen von Fraxinus pennsylvanica untersucht. Auf den beobachteten Flächen stockten zwischen 4 und 36 Pflanzen pro "square

foot", das entspricht Pflanzenzahlen zwischen 43 und 387 pro m² *). Aus den Untersuchungen geht hervor, daß die Dichte eine entscheidende Rolle für den Wurzelhalsdurchmesser, die Sproßlänge, das Frischgewicht und den Prozentanteil der für die Pflanzung geeigneten Menge spielt. KOCIECKI und JANSON (1969) stellten fest, daß mit größerer Dichte im Saatbeet die Sproßlänge zunimmt und zugleich das Trockengewicht abnimmt. Mit wachsender Dichte der Pflanzen nehmen auch das Trockengewicht von Picea glauca und von Pinus resinosa (ARMSON, 1968) sowie das Nadel Trockengewicht von Pinus silvestris (HULTEN, 1976) ab.

CARNEIRO (1970) empfiehlt einen Minimalabstand von 5 x 5 cm für Pinus taeda und 10 x 10 cm für Araucaria angustifolia bei einer normalen Verweildauer der Pflanzen in der Baumschule bis zu acht Monaten.

Von LÜPKE (1972) führte in einer Baumschule Pflanzversuche mit Fichten durch. Dabei beobachtete er, daß im fünften und sechsten Jahr die im 10 x 20 cm Verband erzogenen Pflanzen wesentlich stärkere Zuwachsdepressionen aufweisen, als diejenigen Pflanzen, die in einem 40 x 40 cm Verband verschult wurden.

SCHMIDT-VOGT (1966) erläutert den bestehenden Zusammenhang zwischen Verschulverband und dem Angebot an Nährelementen. "Bei geringerem Angebot an Nährelementen steigt die Sproßlänge mit steigendem Standraum, bei reichlichem Angebot fällt sie. Bei mittlerem Angebot bleibt der Standraum auf die Sproßlänge ohne Einfluß. Die Entwicklungstendenz des Pflanzengewichtes bei steigender Verschulweite ist ebenfalls von dem Angebot an Nährelementen im Boden abhängig." "Je weiter der Standraum bei geringerem Angebot, desto geringer die Wurzelkonkurrenz, desto besser die Ernährung der Pflanzen, desto größer das Pflanzengewicht." Ein reichliches Angebot an Nährelementen überdeckt bei steigender Verschulweite den Einfluß des Standraumes, das Pflanzengewicht bleibt unverändert.

1.1.2.2.2 Wurzelschnitt

Der Wurzelschnitt wird im allgemeinen bei den meisten Baumarten

*) Dabei wurde folgende Umrechnung verwendet: 1 m² = 10,76 "square foot" und 30,48 cm = 1 foot.

aus folgenden Gründen durchgeführt (STOECKELER und JONES, 1957; SHOULDERS, 1963; DAVEY, 1964; STOECKELER und SLABAUGH, 1965; DEICHMANN, 1967; v.LÜPKE, 1972 a):

- a) Der Pflanzenvorrat soll einheitlicher werden
- b) Erhöhung der Überlebensrate der Pflanzen nach der Verpflanzung
- c) Reduzierung des Höhenwachstums der Pflanzen

Es gibt zwei Arten des Wurzelschnitts, den traditionellen Tiefwurzelschnitt und den seitlichen Wurzelschnitt (zwischen den Pflanzreihen). Wurzelschnitte sind jedoch nur bei bestimmten Baumarten angebracht und können nicht für alle verwendet werden (SCHUBERT und ADAMS, 1971).

Die Überlebensrate der Pflanzen nach der Verpflanzung scheint durch die große Anzahl von Seitenwurzeln erhöht zu werden. Der Verlust von ca. 50 % der Seitenwurzeln kann die Überlebensrate bei Pinus palustris um 60 % und bei Pinus elliottii um 30 % mindern (DAVEY, 1964).

Der Wurzelschnitt dient der Reduzierung des Höhenwuchses der Pflanzen, gleichzeitig wird das Wurzelwachstum angeregt und damit das Verhältnis zwischen dem oberirdischen Teil und dem unterirdischen Teil der Pflanzen günstig beeinflusst. Das Ausheben der Pflanzen aus dem Beet wird durch den Wurzelschnitt ebenfalls erleichtert (SHOULDERS, 1963; BLAND, 1964; SCHUBERT und ADAMS, 1971).

Pinus taeda reagiert auf Wurzelschnitte mit einem verminderten Wachstum des Sprosses (SHOULDERS, 1963).

Baumarten mit schnellem Sproßwachstum oder einer schwachen Wurzelausbildung können in einer Vegetationsperiode wiederholte Wurzelschnitte benötigen (SCHUBERT und ADAMS, 1971).

BORISENKO (1970) führte an bis zu sechsjährigen Pinus silvestris Pflanzen Wurzelschnittuntersuchungen durch. Dabei zeigten drei- bis fünfjährige Pflanzen, deren Wurzel nur einmal untergeschnitten wurde, die beste Wurzelbildung. Sie hatten auch die höchste Überlebensrate.

Bei einer Vergleichsstudie mit zweijährigen Kiefernpflanzen hat MRAZEK (1973) festgestellt, daß im Gegensatz zu 1+1 Pflanzen die unterschrittenen, jedoch nicht verschulerten Pflanzen im ersten Jahr nach der Verschulung ein größeres Sproßwachstum, einen größeren Wurzelhalsdurchmesser, eine größere Feinwurzelmasse, ein um die Hälfte geringeres Ausfallprozent und einen um 7 % größeren Höhenwuchs aufweisen.

Obwohl eine Wurzelbehandlung die Möglichkeit des Pilzbefalls erhöht, tritt dieser äußerst selten in Erscheinung (DAVEY, 1964). Allerdings darf der Wurzelschnitt nur in der geeigneten Form, Tiefe und Jahreszeit durchgeführt werden, um die erwünschten Resultate zu erzielen (STOECKELER und JONES, 1957; SHOULDERS, 1963; BLAND, 1964; DAVEY, 1964; STOECKELER und SLABAUGH, 1965; DEICHMANN, 1967; SCHUBERT und ADAMS, 1971).

Andere Autoren halten den Wurzelschnitt vor der Verpflanzung für ungünstig, so BORGGREVE, 1891 für sämtliche Arten, HESMER 1952 für Douglasie und ABETZ (nach von LÜPKE, 1972 a). Bei einem Versuch mit Fichte fanden SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1969), daß ein zu starker Wurzelschnitt zu Ausfällen und geringer Wuchsleistung führt.

SUTTON (1967) kommt auf Grund eines Versuches mit Fichte, bei denen sich in den ersten beiden Jahren keine Wuchsunterschiede zwischen Pflanzen ohne und mit unterschiedlichem Wurzelschnitt zeigten, zu dem Ergebnis, daß der Wurzelverlust beim Ausheben ohnehin so groß ist, daß das zusätzliche Beschneiden keine meßbare Wuchsdepression mehr hervorruft.

Zur Zeit untersuchen zahlreiche Studien die Tiefe, den günstigsten Zeitpunkt und die Anzahl der Wurzelschnitte, den Pflanzenstandraum sowie die Auswirkung dieser Behandlung auf das Trockengewicht (DYKSTRA, 1974). Wurzelschnitt bei Pinus taeda und Pinus elliottii hatten keinen Einfluß auf den Wurzelhalsdurchmesser. Die Überlebensrate dieser beiden Baumarten wird durch die Wurzelbehandlung nicht immer erhöht, bei Pinus palustris dahingegen konnte nachgewiesen werden, daß sie durch den Wurzelschnitt günstig beeinflusst wird.

SCHMIDT-VOGT (1975) erwähnt eine Arbeit von CHAVASSE, in der berichtet wird, daß zur Vereinheitlichung des Vorrats mit dem Ziel eine bessere Qualität zu erhalten, Pinus radiata Sämlinge durch mehrmalige Wurzelschnitte in ihrer Entwicklung und Resistenz gefördert werden.

VLIET (1958) führte eine Untersuchung mit vier Monate alten Pflanzen von Araucaria angustifolia durch, deren Wurzeln von 5 - 8 cm auf 3 cm verkürzt worden waren. Sechs Monate später wurden die Pflanzen verpflanzt; zum Teil in Containern und zum Teil mit Nacktwurzeln. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Sproßlänge der Pflanzen 22 cm. Die Hauptwurzel hatte sich in eine große Anzahl Seitentriebe verwandelt und die Überlebensrate sowohl für die Pflanzen im Container als auch für die mit Nacktwurzeln lag praktisch bei 100 %. MALINOVSKI (1977) hat ebenfalls diese Koniferenart untersucht und festgestellt, daß die Pflanzen ein- bis zweimal in 15 cm Tiefe untergeschnitten werden können. Pflanzen mit einer geringeren Sproßlänge als 21 cm und einem kleineren Wurzelhalsdurchmesser als 4,6 mm dürfen nicht verpflanzt werden. Das Gesamtrockengewicht sollte nicht kleiner als 2 g sein und das Wurzeltrockengewicht nicht kleiner als 0,4 g.

1.1.2.2.3 Verschulung

Sowohl der Standort der einzelnen Pflanzen als auch die Anzuchtsmethode, zwei untereinander in enger Beziehung stehende Kriterien, wirken sich auf die Entwicklung der Pflanzen aus (siehe Abschnitt 1.1.2.2.1).

STOECKELER und SLABAUGH (1965) und ALDHOUS (1972) bestätigen, daß der Zweck der Verschulung darin besteht, faserige Wurzelsysteme, kräftigere Sproßsysteme und ein besseres Gleichgewicht zwischen ober- und unterirdischem Teil der Pflanze zu erzielen. Dadurch sind die Pflanzen in der Lage, größere Mengen von Wasser und Nährelementen aus dem Boden aufzunehmen. Sie haben daher eine um 20 - 30 % höhere Überlebensrate als Sämlinge (STOECKELER und SLABAUGH, 1965).

Die folgenden drei Aspekte sind bei der Verschulung besonders zu beachten (AKSOY, 1965):

- a) Verschulverband
- b) Zeitpunkt der Verschulung (Frühjahr- und Sommersverschulung)
- c) Verschuldauer (bzw. Verschulung oder Nichtverschulung)

Verschulverbände variieren je nach Standort, Baumart und Anzuchtdauer.

AKSOY (1965) hat 2+1 jährige Fichtenpflanzen untersucht, die in den Verbänden 22 x 5 cm und 18 x 4,5 cm verschult worden waren. Pflanzen, die in dem größeren Verschulverband aufwuchsen, zeigten ein um 30 % höheres Wurzelfrischgewicht, während der Sproß um 12 % länger, der Wurzelhalsdurchmesser um 15 % stärker und das Pflanzenfrischgewicht um 17 % höher waren. AKSOY betont, daß bei einer längeren Verschuldauer eine größere Standfläche sich günstig auf die Entwicklung der Pflanzen auswirkt.

In den Baumschulen wird die Verschulung von Koniferen-Jungpflanzen teils zu Beginn der Vegetationszeit (Frühjahrsverschulung), teils während derselben (Sommerverschulung) durchgeführt. AKSOY (1965) weist darauf hin, daß eine Sommersverschulung die Entwicklung der Bezweigung und Benadelung sowie die Wurzelbildung bei 2+1 Jahre alten Fichtenpflanzen begünstigt. Je nach Verschuljahr, Anzuchtort und Pflanzenherkunft kann eine unterschiedliche Leistung festgestellt werden.

Untersuchungen an Kiefernpflanzen (2+0, 1+1 und 1+2 Jahre alt) und Europäischen Lärchen (2+0 und 1+1 Jahre alt) zeigten, daß im ersten Verschuljahr hauptsächlich die Wurzelbildung begünstigt wird, während der oberirdische Pflanzenteil ein relativ geringes Wachstum zeigte. Diese unterschiedliche Entwicklung ist auf die Herkunft, den Anzuchtort und die Jahreswitterung zurückzuführen. Im zweiten Verschuljahr erfuhr die ganze Pflanze eine Förderung ihres Entwicklungsstandes. Das Wurzelgewicht war stärker angewachsen als im Vorjahr, jedoch wurde außerdem ein verhältnismäßig starker Anstieg des Pflanzengewichts beobachtet (AKSOY, 1965).

SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1969) sowie SCHMIDT-VOGT (1970) betonen,

daß große, kräftige Pflanzen besser in der Lage sind, den durch die Verpflanzung verursachten Schock zu überwinden. Zur Erziehung solcher Pflanzen sind weitere Verschulverbände zweckmäßig, damit sich große Wurzelhalsdurchmesser und gute Wurzelsysteme entwickeln können. Aus weiteren Verschulverbänden erwachsen Pflanzen mit größerem Wurzelhalsdurchmesser und einer kräftigeren Bewurzelung. Nach SCHMIDT-VOGT, GÜRTH und v. SCHNURBEIN (1971) sind Wasserhaushalt und Kulturerfolg dieser Pflanzen günstiger zu beurteilen als bei schwächeren Pflanzen aus engen Verschulverbänden. SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1977) kamen zu dem Ergebnis, daß bei 4-jährigen Fichtenpflanzen Verschulverbände, die kleiner als 7 x 15 cm sind, für die Anzucht von Qualitätspflanzengut offenbar ungünstig sind. GUTSCHICK (1968) empfiehlt für die Anzucht von 2+3 jährigen Fichten einen Verschulverband von 12,5 x 25 cm.

1.1.2.2.4 Düngung

Eine geeignete Düngung trägt zu einer harmonischen Entwicklung der Seitenzweige und des Wurzelsystems bei, sowie zu einer reichlicheren, kräftigen und grünen Benadelung bzw. Belaubung. Übermäßige Düngung dahingegen führt zu einer Qualitätsverschlechterung der Pflanzen. Als Folge starker Stickstoffdüngung ergibt sich ein intensives Sproß-, jedoch ein unzureichendes Wurzelwachstum (FIEDLER, NEBE und HOFFMANN, 1973).

In gemäßigten Gebieten mit längeren Vegetationsperioden verursacht eine Überdüngung, insbesondere mit Stickstoff, ein übersteigertes Höhenwachstum. Dadurch bilden die Pflanzen nur schwache Gewebe aus, was sich auf die Qualität unvorteilhaft auswirkt (DEICHMANN, 1967).

BOSSHARD (1964) mißt dem Boden der Baumschule für die spätere Anpassung an den endgültigen Standort eine wesentliche Bedeutung bei. Er betont, daß durch den Boden des Anzuchtortes auch ungünstige Pflanzeigenschaften, wie z.B. eine höhere Krankheitsdisposition, verursacht werden können. Seiner Ansicht nach sind gute Böden in den Baumschulen eine Voraussetzung für eine gute Entwicklungsmöglichkeit der Pflanzen sowie der Ausbildung eines

kräftigen und gesunden Wurzelwerkes. Diese Pflanzen besitzen daher nach der Verpflanzung eine bessere Adaptationsfähigkeit an den neuen Standort.

Durch eine geeignete Düngung können die Pflanzen vorteilhaft beeinflußt werden. So kann z.B. die Resistenz gegen den Frost verstärkt werden (PHARIS und KRAMER, 1964; STOECKELER und SLA-BAUGH, 1965; GLATZEL, 1973).

Düngung kann die Mykorrhizabildung unter Umständen negativ beeinflussen. Dies ist möglich bei einem hohen Stickstoffgehalt, insbesondere dann, wenn gleichzeitig noch reichlich Phosphor zur Verfügung steht. Ferner sind Kalkungen meist durchweg als schädlich zu bezeichnen, sofern es sich nicht um Impfung mit ausgesprochenen Kalkpilzen handelt. Auch durch die Zugabe von Spurelementen, z.B. durch Bor, das man neuerdings zur Erhöhung der Frosthärte herangezogen hat, wird das Wachstum der Mykorrhizapilze gehemmt (MOSER, 1959).

Durch vermehrte Düngung läßt sich bei gleichbleibender Standortgröße das Trockengewicht von Pinus glauca-Pflanzen steigern. In Bezug auf das Gesamtrockengewicht reagieren Pinus glauca und Pinus resinosa günstig auf eine Verminderung des Standraumes, wenn zugleich die Düngung erhöht wird (ARMSON, 1968).

ABETZ (1969) empfiehlt mit der Wiederaufforstung von Sturmflächen zwei bis drei Jahre zu warten, wenn keine größeren Pflanzen zur Verfügung stehen. Er begründet diese Ansicht damit, daß bei entsprechender Düngung die Fichte in der Pflanzschule bei geringerem Schutz- und Pflegeaufwand weit schneller als auf der Freifläche wächst.

Durch den pH-Wert des Bodens werden sowohl die Entwicklung der Pflanzen als auch krankheitsbedingte Faktoren beeinflußt. Daher ist die Kontrolle des Boden-pH-Wertes, insbesondere in der Pflanzschule, von Bedeutung (OWSTON, 1972).

Um den höchstmöglichen Ertrag aus dem Boden zu erzielen, sollten die Böden ein optimales pH-Niveau aufweisen sowie mit organischer Substanz und Mykorrhiza angereichert sein. Werden diese Voraussetzungen nicht in optimaler Weise erfüllt, kann die weitere gesunde Entwicklung der Pflanzen behindert und erschwert werden.

1.2 Eigene Untersuchungen über den Einfluß des Anzuchtortes auf die Entwicklung morphologischer Pflanzenmerkmale

1.2.1 Fragestellung

Wie bereits im Abschnitt 1.1.2.1 "Einfluß des Anzuchtortes" dargestellt, kommt AKSOY (1965) in seiner Dissertation "Untersuchungen zur Bewertung von Jungpflanzen verschiedener Nadelbaumarten" für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland zu folgender Aussage: "Der Vergleich von an verschiedenen Anzuchtorten herangewachsenen Pflanzen gleicher Herkunft zeigt, daß die Reaktion auf Klimaunterschiede bei den Baumarten verschieden ist. Die im norddeutschen Küstengebiet erzogenen Fichtenjungpflanzen sind den im süddeutschen Binnenland herangewachsenen Vergleichspflanzen in der Leistung überlegen. Diese Mehrleistung im ozeanischen Bereich ist bei der Sproßlänge und -stärke geringer (maximal bis 95 bzw. 60 %) als beim Wurzelgewicht (maximal bis 130 %) und am größten beim Pflanzengewicht (maximal bis rund 340 %). Die Jungpflanzen von Kiefer gedeihen hingegen besser im Binnenland als im Küstengebiet. Bei dieser Baumart ist jeweils die Mehrleistung beim Wurzelgewicht beträchtlich größer als beim Pflanzengewicht oder gar bei der Sproßlänge und -stärke. Im Gegensatz zu den Fichtenjungpflanzen, gedeihen die Kiefernjungpflanzen - insbesondere hinsichtlich ihres Wurzelwerkes - besser in der kontinentalen Klimazone".

Es ist hier nochmals zu vermerken, daß ein Einfluß der klimatischen Bedingungen auf Entwicklung und Aufbau der Forstpflanzen innerhalb Europas bisher nur bei Variation der Höhenlage erkannt worden ist. Dieser Einfluß dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, daß in höheren Lagen die zum Austreiben der Pflanzen erforderliche Temperaturschwelle erst später erreicht und der Wachstumsabschluß früher eingeleitet wird. Bei verkürzter Vegetationsperiode geht die Wuchsleistung gegenüber Standorten mit langer Vegetationsperiode zurück. Zur Vegetationsdauer treten in Hochlagen die Lichtintensität, im bergigen Gelände auch die photoperiodischen Verhältnisse der verschiedenen Expositio-

nen sowie die mechanische Einwirkung von Schnee und Eis. Die Reaktion verschiedener Herkünfte bei der Anzucht von Fichten- und Kiefernpflanzen in Hochlagen der Alpen zeigen die klassischen Versuche von CIESLAR (1899) in Österreich und ENGLER (1905, 1913) in der Schweiz.

Vollkommen neu ist dagegen die Feststellung, daß innerhalb der Bundesrepublik Deutschland das ozeanisch getönte norddeutsche Küstengebiet die Entwicklung von Fichtenpflanzen im Vergleich zu Kiefernpflanzen fördert, während im süddeutschen Binnengebiet die klimatischen Bedingungen einen gegenteiligen Einfluß bewirken sollen. Diese Differenzierung kann von der ökologischen Konstitution der beiden Baumarten und ihren Standortsansprüchen her nicht erklärt werden. Fichte und Kiefer sind kontinentale Baumarten, der Schwerpunkt ihrer Verbreitung liegt im nördlichen Eurasien. Nur in Berglagen weitet sich das natürliche Areal auch in südlicheren Zonen aus. Nach der Gliederung des holarktischen Florenreiches durch MEUSEL (1943) ist ihr natürliches Verbreitungsgebiet demnach dem boreal-montanen Arealgürtel einzuordnen.

Vor allem wegen der geringeren Wasseransprüche geht jedoch die Kiefer wesentlich weiter nach Westen als die Fichte. Im Westen Schwedens und Norwegens hat sie bei ihrer Rückwanderung nach der Eiszeit die Meeresküsten erreicht, während die Fichte nicht so weit vorstoßen konnte. Auch Halstenbek bei Hamburg, das Zentrum der norddeutschen gewerblichen Forstpflanzenanzucht, liegt noch am Rande des natürlichen Verbreitungsgebietes der Kiefer, während die Fichte über 600 km weiter östlich im Gebiet von Danzig stehenblieb. Aus dieser Sicht müßte also im norddeutschen Küstengebiet bei der Anzucht von Forstpflanzen eher die Kiefer zusage Standortsbedingungen finden und nicht die Fichte.

Das gleiche gilt für die künstliche Verbreitung von Fichte und Kiefer im letzten Jahrhundert. Auch hier lag genau umgekehrt, als nach der These von AKSOY zu erwarten wäre, der Schwerpunkt des Anbaus bei der Kiefer im norddeutschen Raum, bei der Fichte in Süddeutschland.

Dieses vielschichtige Problem ist hier jedoch nicht weiter zu

verfolgen. Im Rahmen dieser Arbeit interessiert allein die Frage, ob, wie AKSOY behauptet, die Fichte bei der Anzucht im norddeutschen Küstengebiet eine bessere Pflanzenqualität erreicht und die Kiefer im süddeutschen Binnenland. Diese Aussage ist von marktpolitischer Bedeutung. Dies zeigte sich vor allem bei den Verhandlungen der Arbeitsgruppe "Forstliches Vermehrungsgut" der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft in Brüssel, als die EWG-Normen für Forstpflanzen erarbeitet wurden. Forstpflanzen gehören zu den land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen, für die nach Anhang II zu Artikel 38 der römischen Verträge im Raum der EWG eine gemeinsame Marktpolitik vorgesehen ist. Diese gemeinsame Marktpolitik beinhaltet nach dem Vertragstext u.a. auch die Festlegung von Qualitätsvorschriften (Richtlinie des Rates der EWG vom 30.3.1971 über die Normen für die äußere Beschaffenheit von forstlichem Vermehrungsgut; Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut vom 26.7.1979, Anlage V "Anforderungen, denen Pflanzgut genügen muß"). Von einigen Mitgliedsländern, insbesondere von Frankreich und Italien, wurde seinerzeit gewünscht, daß zur Charakterisierung der Pflanzenqualität auch der Anzuchtort angegeben werden müsse. Bei der Aussprache zeigte sich dann, daß über den Einfluß der geographischen Lage eines Anzuchtortes auf die Qualität von Forstpflanzen - abgesehen von der Höhenlage - nichts bekannt ist. Das Waldbau-Institut der Universität Freiburg wurde daraufhin vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gebeten, Versuche zur Klärung dieser Frage anzulegen. Diese Versuche haben eine längere Laufzeit, da nach der Anzucht an verschiedenen Orten die Reaktion der Pflanzen auf Auspflanzung in anderen Ländern Europas unter verschiedenen Klimabedingungen getestet wird. Die nördlichste Versuchsfläche befindet sich in Umeå in Nordschweden bei 64° nördlicher Breite, die südlichste Fläche in Vallombrosa bei Florenz südlich des 44° Breitengrades.

Dieser Versuch ist noch nicht ausgewertet. Die vorläufigen Ergebnisse lassen jedoch nichts erkennen, was die These von AKSOY bestätigen würde. Es bestätigt sich nur erneut, daß Anzucht in Hochlagen die Pflanzenentwicklung hemmt, während innerhalb der Bundesrepublik Deutschland ein Einfluß der geographischen Breite

nicht erkennbar ist (SCHMIDT-VOGT, mündl. Mitt.). Dies würde sich mit der Tatsache decken, daß die Vegetationsperiode im norddeutschen Küstengebiet und in Süddeutschland, von höheren Lagen abgesehen, etwa gleichlang ist (Karte der Dauer der Vegetationsperiode in Deutschland; Entwurf F.SCHNELLE, Großer Herder Atlas 1958).

Ziel dieser Arbeit ist nun, parallel zu dem sogenannten "EWG-Baumschulstandortversuch" mit einer anderen Methode und zwar anhand eines umfangreichen Pflanzenmaterials, das von gewerblichen Forstbaumschulen im norddeutschen, mitteldeutschen und süddeutschen Raum angezogen wurde, die von AKSOY vermutete Gesetzmäßigkeit zu überprüfen. Sollte diese Gesetzmäßigkeit zutreffen, so wäre dies von erheblicher Bedeutung hinsichtlich der Anwendung der Qualitätsnormen, die mit der Neufassung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut von 1979 für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland eingeführt wurde. Außerdem wäre für gewerbliche Forstbaumschulgroßbetriebe zu überlegen, ob sie den Schwerpunkt in der Anzucht von Fichten nach dem norddeutschen Küstengebiet und den Schwerpunkt in der Anzucht von Kiefern nach Süddeutschland legen sollten. Dies wäre bei vielen großen gewerblichen Forstbaumschulbetrieben ohne größere Schwierigkeiten realisierbar, da die im norddeutschen Raum ansässigen Großbetriebe vielfach Filialbetriebe mit Anzuchtflächen im süddeutschen Raum besitzen.

1.2.2 Untersuchungsmaterial

1.2.2.1 Anzuchtorte, Name und Kennnummern der für die Stichproben ausgewählten Forstbaumschulen

Für die Untersuchung wurden 17 Forstbaumschulen im Norden, in der Mitte und im Süden der Bundesrepublik Deutschland ausgewählt. Die geographische Lage der Forstbaumschulen zeigt Abb. 1 .



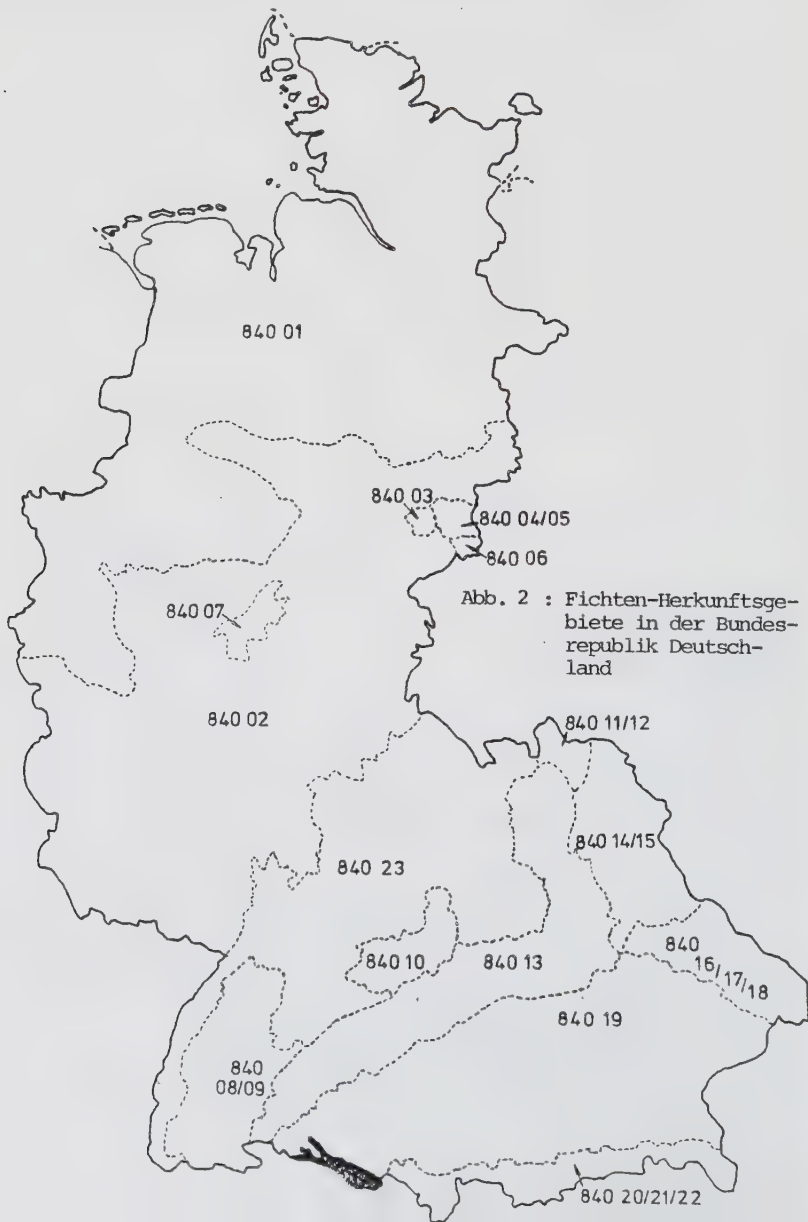
Tab. 3: Name und Kennnummern der Forstbaumschulen sowie der Ort der Pflanzenanzucht

KENN- NUMMER	NAME DER FORSTBAUMSCHULE	ORT DER PFLANZENANZUCHT
1	Wasgau Forstbaumschulen	6749 Böllenborn Bad Bergzabern/Pfalz
2	Kneussle Baumschulen KG	5427 Denzerheide über Bad Ems
3	Staatsklengle und Landes- pflanzschule Nagold	7270 Nagold
4	Bayer. Landesanstalt für Forstl. Saat- u. Pflanzen- zucht Teisendorf	8229 Laufen
5	J. Hinrich Brandt Forst- baumschulen	2083 Halstenbek/Holstein
6	J. Hinrich Brandt Forst- baumschulen	2125 Salzhausen
7	G.J. Steingaesser & Co.	6750 Hahnbrunnerhof bei Kaiserslautern
8	G.J. Steingaesser & Co.	8760 Miltenberg
9	G.J. Steingaesser & Co.	8754 Ringheim bei Großostheim
10	Pein & Pein	7815 Kirchzarten
11	Pein & Pein	2083 Halstenbek/Holstein
12	H.G. Rahte	3101 Wietze-Steinförde
13	Martens GmbH+Co. Klengen & Baumschulen KG	8764 Kleinheubach/Main
14	Gustav Burger Forstbaum- schulen	7615 Zell am Harmersbach
15	Günter Ramthum	8360 Metten bei Deggen- dorf
16	August König Forstbaum- schulen	7771 Altheim-Rickerts- weiler
17	Bayer. Landesanstalt für Forstl. Saat- u. Pflanzen- zucht Teisendorf	8581 Bindlach

1.2.2.2 Übersicht der Herkunftsgebiete und Auswahl der Herkünfte

1.2.2.2.1 Fichte

Abbildung 2 zeigt die 23 Herkunftsgebiete der Fichte in der Bundesrepublik Deutschland nach der Ersten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut vom 31.7.1972 (1. FSaat V).



Die Kennziffern bezeichnen folgende Herkunftsgebiete:

<u>Herkunftsgebiet</u>	<u>Höhenlage</u>
84001 - Nordwestdeutsches Tiefland	
84002 - Westdeutsches Bergland	
84003 - Harzvorland Westerhof	
84004 - Oberharz	unter 600 m
84005 - Oberharz	über 600 m
84006 - Südharz	
84007 - Hochsauerland	
84008 - Schwarzwald mit Baar, Oberer Neckar und Klettgau	unter 1000 m
84009 - Schwarzwald mit Baar	über 1000 m
84010 - Schwäbisch-Fränkischer Wald, Mittelfränkisches Keupergebiet	
84011 - Frankenwald	unter 600 m
84012 - Frankenwald	über 600 m
84013 - Schwäbische Alb und Bayerischer Jura	
84014 - Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald und Oberpfälzer Beckenlandschaft	unter 800 m
84015 - Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald und Oberpfälzer Beckenlandschaft	über 800 m
84016 - Bayerischer Wald	unter 800 m
84017 - Bayerischer Wald	800 - 1100 m
84018 - Bayerischer Wald	über 1100 m
84019 - Südbayern, Oberschwaben, Bodenseegebiet	
84020 - Alpen	unter 900 m
84021 - Alpen	900 - 1300 m
84022 - Alpen	über 1300 m
84023 - Übriges Süddeutschland	

Von den 23 Herkünften wurden für die vorliegende Untersuchung 13 ausgewählt: 84001, 84002, 84003, 84007, 84008, 84009, 84011, 84013, 84014, 84017, 84019, 84020 und 84023.

Einige erwünschte Herkünfte konnten nicht in die Untersuchung einbezogen werden, weil sie entweder in den Baumschulen nicht vorhanden waren oder nicht das notwendige Alter für Vergleiche aufwiesen.

Geordnet nach Herkunftsn wird in Tab. 4 angegeben, welche Pflanzensortimente in die Untersuchung einbezogen sind und an welchen Orten die Pflanzen angezogen wurden. Entsprechend den Angaben in Abb. 2 sind die Baumschulen den Bereichen Norden (N), Mitte (M) oder Süden (S) zugeteilt.

Tab. 4: Pflanzensortimente (Alter), Orte der Pflanzenanzucht sowie Bereiche der Bundesrepublik Deutschland, geordnet nach den in die Untersuchung einbezogenen Herkunftsn

HERKUNFT	ALTER	BAUMSCHUL- NUMMER	ORT DER PFLANZENANZUCHT	BEREICH
84001	2+1	11	2083 Halstenbek/Holstein	N
84002	2+1	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		7	6750 Hahnbrunnerhof b. Kaiserslautern	M
		8	8760 Miltenberg	M
		10	7815 Kirchzarten	S
		11	2083 Halstenbek/Holstein	N
		12	3101 Wietze-Steinförde	N
	2+2	2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		5	2083 Halstenbek/Holstein	N
		6	2125 Salzhausen	N
		10	7815 Kirchzarten	S
		11	2083 Halstenbek/Holstein	N
		12	3101 Wietze-Steinförde	N
84003	2+1	12	3101 Wietze-Steinförde	N
	2+2	12	3101 Wietze-Steinförde	N
84007	2+1	12	3101 Wietze-Steinförde	N
	2+2	12	3101 Wietze-Steinförde	N
84008	2+1	10	7815 Kirchzarten	S
	2+2	10	7815 Kirchzarten	S
84009	2+1	10	7815 Kirchzarten	S
84011	2+1	11	2083 Halstenbek/Holstein	N

HERKUNFT	ALTER	BAUMSCHUL- NUMMER	ORT DER PFLANZENANZUCHT	BEREICH
84013	2+0	14	7615 Zell am Harmersbach	S
	2+1	11	2083 Halstenbek/Holstein	N
		14	7615 Zell am Harmersbach	S
	2+2	14	7615 Zell am Harmersbach	S
84014	2+1	17	8581 Bindlach	M
84017	2+1	15	8360 Metten bei Deggendorf	S
	2+2	15	8360 Metten bei Deggendorf	S
84019	2+0	3	7270 Nagold	S
		16	7771 Altheim-Rickertsweiler	S
	2+1	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		3	7270 Nagold	S
		4	8229 Laufen	S
		6	2125 Salzhausen	N
		8	8760 Miltenberg	M
		16	7771 Altheim-Rickertsweiler	S
	2+2	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		3	7270 Nagold	S
		4	8229 Laufen	S
		6	2125 Salzhausen	N
84020	2+1	4	8229 Laufen	S
	2+2	4	8229 Laufen	S

HERKUNFT	ALTER	BAUMSCHUL- NUMMER	ORT DER PFLANZENANZUCHT	BEREICH
84023	2+0	3	7270 Nagold	S
		8	8760 Miltenberg	M
	2+1	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		3	7270 Nagold	S
		7	6750 Hahnbrunnerhof b. Kaiserslautern	M
		8	8760 Miltenberg	M
		17	8581 Bindlach	M
	2+2	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		3	7270 Nagold	S
		5	2083 Halstenbek/Holstein	N
		7	6750 Hahnbrunnerhof b. Kaiserslautern	M
		9	8754 Ringheim bei Großostheim	M
		13	8764 Kleinheubach/Main	M

1.2.2.2.2 Kiefer

Abb. 3 zeigt die 23 Herkunftsggebiete der Kiefer nach der Ersten Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut vom 31.7.1972 (1. FSaat V).



Abb. 3 : Kiefern-Herkunftsgebiete in der Bundesrepublik Deutschland

Die Kennziffern bezeichnen folgende Herkunftsgebiete:

<u>Herkunftsgebiet</u>	<u>Höhenlage</u>
85101 - Schleswig-Holstein Nord	
85102 - Berlin	
85103 - Niederdeutsches Tiefland West	
85104 - Niederdeutsches Tiefland Nord	
85105 - Niederdeutsches Tiefland Ost	
85106 - Braunschweiger Hügelland	
85107 - Harz	
85108 - Südhannover-ostwestfälisch-hessisches Bergland	
85109 - Rheinisches Schiefergebirge	
85110 - Pfälzer Wald	
85111 - Hessisches Bergland	
85112 - Rhein-Main-Gebiet und Oberrheinische Tiefebene, Mittel- und Südbadisches Rheinhügelland	
85113 - Saarpfälzer Bergland	
85114 - Rhön/Spessart/Odenwald	
85115 - Schwarzwald mit Baar	
85116 - Fränkische Platte mit Grabfeld Mittel- fränkisches Keupergebiet Neckarland	
85117 - Übriges Baden-Württemberg und Bayerisches Bodenseegebiet	
85118 - Haßberge/Steigerwald/Bamberger Haupts- moorwald	
85119 - Gebiet der nordostbayerischen Höhenkiefer	
85120 - Übriges Nordbayern	
85121 - Alpen	unter 900 m
85122 - Alpen	über 900 m
85123 - Übriges Südbayern	

Geordnet nach Herkunftsn wird in Tab. 5 angegeben, welche Pflanzensorstimente in die Untersuchung einbezogen sind und an welchen Orten die Pflanzen angezogen wurden. Entsprechend den Angaben in Abb. 3 sind die Baumschulen den Bereichen Norden (N), Mitte (M) oder Süden (S) zugeteilt.

Tab. 5 : Pflanzensortimente (Alter), Orte der Pflanzenanzucht sowie Bereiche der Bundesrepublik Deutschland, geordnet nach den in die Untersuchung einbezogenen Kiefernherkünften

HERKUNFT	ALTER	BAUMSCHUL- NUMMER	ORTE DER PFLANZENANZUCHT	BEREICH
85103	1+0	12	3101 Wietze-Steinförde	N
85104	1+0	5	2083 Halstenbek/Holstein	N
		6	2125 Salzhausen	N
		12	3101 Wietze-Steinförde	N
	1+1	5	2083 Halstenbek/Holstein	N
		6	2125 Salzhausen	N
85111	1+0	2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		12	3101 Wietze-Steinförde	N
		14	7615 Zell am Harmersbach	S
	2+0	14	7615 Zell am Harmersbach	S
	1+1	2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		14	7615 Zell am Harmersbach	S
85115	1+0	3	7270 Nagold	S
		10	7815 Kirchzarten	S
	1+1	3	7270 Nagold	S
85116	1+0	3	7270 Nagold	S
	1+1	3	7270 Nagold	S
85117	1+0	3	7270 Nagold	S
	1+1	3	7270 Nagold	S

HERKUNFT	ALTER	BAUMSCHUL- NUMMER	ORTE DER PFLANZENANZUCHT	BEREICH
85118	1+0	1	6749 Böllenborn-Bad Bergzabern/Pfalz	M
		2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		7	6750 Hahnbrunnerhof b. Kaiserslautern	M
		8	8760 Miltenberg	M
		9	8754 Ringheim bei Großostheim	M
		13	8764 Kleinheubach/Main	M
		17	8581 Bindlach	M
	2+0	17	8581 Bindlach	M
	1+1	2	5427 Denzerheide über Bad Ems	M
		7	6750 Hahnbrunnerhof b. Kaiserslautern	M
		8	8760 Miltenberg	M
		9	8754 Ringheim bei Großostheim	M
		13	8764 Kleinheubach/Main	M
85120	1+0	5	2083 Halstenbek/Holstein	N
		8	8760 Miltenberg	M
		17	8581 Bindlach	M
	2+0	17	8581 Bindlach	M
	1+1	8	8760 Miltenberg	M
85122	1+0	4	8229 Laufen	S
	2+0	4	8229 Laufen	S

1.2.2.2.3 Zahl der Pflanzen sowie Verteilung der Pflanzen nach Forstbaumschulen und Herkunft

Von den 17 Forstbaumschulen wurden für die Untersuchung insgesamt 4.850 Pflanzen bezogen. Ihre Aufteilung nach Fichte und Kiefer sowie nach den Bereichen Norden (N), Mitte (M) und Süden (S) der Bundesrepublik Deutschland enthält Tab. 6.

Tab. 6: Zahl und Anzuchtsgebiete der Fichten- und Kiefernpflanzen

Baumart	Bereich	Anzahl
Fichte	Norden (N)	800
	Mitte (M)	1.100
	Süden (S)	1.100
Summe		2.900
Kiefer	Norden (N)	400
	Mitte (M)	950
	Süden (S)	600
Summe		1.950

Tabelle 7 und 8 geben einen Überblick über die jeweilige Anzahl von Fichten- und Kiefernpflanzen nach Baumschulen, Bereich, Herkunft und Alter.

Tab. 7: Verteilung der Fichtenpflanzen nach Baumschule, Bereich, Herkunft und Alter

Baumschul- nummer	Bereich	Herkunft	Alter	Pflanzenzahl je Sortiment	Pflanzenzahl je Herkunft und Baumschule
1	M	84002	2+1	50	50
			2+1	50	
		84019	2+2	50	100
			2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				250	250
2	M	84002	2+1	50	
			2+2	50	100
		84023	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
3	S	84019	2+0	50	
			2+1	50	
			2+2	50	150
			2+0	50	
		84023	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>150</u>
				300	300
4	S	84019	2+1	50	
			2+2	50	100
		84020	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
5	N	84002	2+2	50	50
		84023	2+2	<u>50</u>	<u>50</u>
				100	100

Baumschul- nummer	Bereich	Herkunft	Alter	Pflanzenzahl je Sortiment	Pflanzenzahl je Herkunft und Baumschule
6	N	84002	2+2	50	50
		84019	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				150	150
7	M	84002	2+1	50	50
		84023	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				150	150
8	M	84002	2+1	50	50
		84019	2+1	50	50
		84023	2+0	50	
			2+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
9	M	84023	2+2	50	50
10	S	84002	2+1	50	
			2+2	50	100
		84008	2+1	50	
			2+2	50	100
		84009	2+1	<u>50</u>	<u>50</u>
				250	250
11	N	84001	2+1	50	50
		84002	2+1	50	
			2+2	50	100
		84011	2+1	50	50
		84013	2+1	<u>50</u>	<u>50</u>
				250	250
12	N	84002	2+1	50	
			2+2	50	100
		84003	2+1	50	
			2+2	50	100
		84007	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				300	300

Baumschul- nummer	Bereich	Herkunft	Alter	Pflanzenzahl je Sortiment	Pflanzenzahl je Herkunft und Baumschule
13	M	84023	2+2	50	50
14	S	84013	2+0	50	
			2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>150</u>
				150	150
15	S	84017	2+1	50	
			2+2	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
16	S	84019	2+0	50	
			2+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
17	M	84014	2+1	50	50
		84023	2+1	<u>50</u>	<u>50</u>
				100	100
Insgesamt					2.900

Bereich: N - Norddeutschland

M - Mitteldeutschland

S - Süddeutschland

Tab. 8: Verteilung der Kiefernpflanzen nach Baumschule, Bereich, Herkunft und Alter

Baumschul- nummer	Bereich	Herkunft	Alter	Pflanzenzahl je Sortiment	Pflanzenzahl je Herkunft und Baumschule
1	M	85118	1+0	50	50
2	M	85111	1+0	50	
			1+1	50	100
		85118	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
3	S	85115	1+0	50	
			1+1	50	100
		85116	1+0	50	
			1+1	50	100
		85117	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				300	300
4	S	85122	1+0	50	
			2+0	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
5	N	85104	1+0	50	
			1+1	50	100
		85120	1+0	<u>50</u>	<u>50</u>
				150	150
6	N	85104	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
7	M	85118	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100

Baumschul- nummer	Bereich	Herkunft	Alter	Pflanzenzahl je Sortiment	Pflanzenzahl je Herkunft und Baumschule
8	M	85118	1+0	50	
			1+1	50	100
		85120	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
9	M	85118	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
10	S	85115	1+0	50	50
12	N	85103	1+0	50	50
		85104	1+0	50	50
		85111	1+0	<u>50</u>	<u>50</u>
				150	150
13	M	85118	1+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>100</u>
				100	100
14	S	85111	1+0	50	
			2+0	50	
			1+1	<u>50</u>	<u>150</u>
				150	150
17	M	85118	1+0	50	
			2+0	50	100
		85120	1+0	50	
			2+0	<u>50</u>	<u>100</u>
				200	200
Insgesamt .					1.950

Bereich: N - Norddeutschland
M - Mittelddeutschland
S - Süddeutschland

In den Tabellen 9 und 10 ist geordnet nach Herkunftsgebieten die Verteilung der Pflanzen auf die Anzuchtbereiche Nord, Mitte und Süd, angegeben.

Tab. 9: Zahl der Fichtenpflanzen nach Herkunft, Alter und Bereich

Herkunft	Pflanzen- zahl/Herkunft	Alter	Pflanzenzahl/ Sortiment	Pflanzenzahl/Be- reich
84001	50	2+1	50	50 N
84002	650	2+1	350	100 N 200 M 50 S
		2+2	300	200 N 50 M 50 S
84003	100	2+1	50	50 N
		2+2	50	50 N
84007	100	2+1	50	50 N
		2+2	50	50 N
84008	100	2+1	50	50 S
		2+2	50	50 S
84009	50	2+1	50	50 S
84011	50	2+1	50	50 N
84013	200	2+0	50	50 S
		2+1	100	50 N 50 S
		2+2	50	50 S
84014	50	2+1	50	50 M
84017	100	2+1	50	50 S
		2+2	50	50 S

Herkunft	Pflanzen- zahl/Herkunft	Alter	Pflanzenzahl/ Sortiment	Pflanzenzahl/Be- reich
84019	600	2+0	100	100 S
			300	50 N
		2+2	200	100 M
				150 S
				50 N
				50 M
				100 S
84020	100	2+1	50	50 S
		2+2	50	50 S
84023	750	2+0	100	50 M
				50 S
		2+1	300	250 M
				50 S
		2+2	350	50 N
				250 M
			50 S	
13 Herkünfte	2.900	-	2.900	2.900

Bereich: N - Norddeutschland

M - Mitteldeutschland

S - Süddeutschland

Tab. 10: Zahl der Kiefernpflanzen nach Herkunft, Alter und Bereich

Herkunft	Pflanzenzahl/ Herkunft	Alter	Pflanzenzahl/ Sortiment	Pflanzenzahl/ Bereich
85103	50	1+0	50	50 N
85104	250	1+0	150	150 N
		1+1	100	100 N
85111	300	1+0	150	50 N
				50 M
				50 S
		2+0	50	50 S
		1+1	100	50 M
				50 S
85115	150	1+0	100	100 S
		1+1	50	50 S
85116	100	1+0	50	50 S
		1+1	50	50 S
85117	100	1+0	50	50 S
		1+1	50	50 S
85118	650	1+0	350	350 M
		2+0	50	50 M
		1+1	250	250 M
85120	250	1+0	150	50 N
				100 M
		2+0	50	50 M
		1+1	50	50 M
85122	100	1+0	50	50 S
		2+0	50	50 S
9 Herkünfte	1.950	-	1.950	1.950

Bereich: N - Norddeutschland
M - Mittelddeutschland
S - Süddeutschland

1.2.3 Untersuchungsmethode

1.2.3.1 Untersuchte Merkmale

Folgende Merkmale wurden untersucht:

- a - Sproßhöhe
- b - Wurzelhalsdurchmesser
- c - Wurzelrockengewicht
- d - Pflanzentrockengewicht
- e - Wurzelprozent
- f - Stufigkeit

Unter "Wurzelprozent" ist der Anteil des Wurzelgewichtes am Gesamtgewicht zu verstehen. Sein Wert ergibt sich aus der Formel:

$$\text{Wurzelprozent} = \frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Pflanzengewicht}} \times 100$$

Unter Stufigkeit wird das Verhältnis von Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser verstanden.

$$\text{f-Stufigkeit} = \frac{\text{Sproßhöhe}}{\text{Wurzelhalsdurchmesser}}$$

Eine Pflanze ist umso stufiger, je niedriger der Stufigkeitswert (f) ist.

1.2.3.2 Messung von Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser

58 Fichten- und 39 Kiefernstichproben wurden so ausgewählt, daß sie für die 17 betreffenden Baumschulen in den drei Bereichen Deutschlands als repräsentativ gelten können. Jede Stichprobe enthält 50 Pflanzen, was insgesamt 4.850 Pflanzen im Alter von 1 bis 4 Jahren ergibt. Nach dem Ausheben wurden die Pflanzen in den Forstlehrgarten des Waldbau-Instituts der Universität Freiburg geschickt.

Soweit dies möglich war, wurden die Pflanzen sofort nach ihrer Ankunft gemessen und gleichzeitig nach Sproßhöhenstufen geordnet. Für die verschulten Pflanzen wurde eine Sproßhöhenstufe von 10 cm und für die Sämlinge eine Sproßhöhenstufe von 5 cm zugrunde gelegt. Die Sproßhöhe jeder Pflanze wurde in cm festgestellt; ihr Durchmesser wurde mit Hilfe einer Schublehre in mm gemessen. Jede Stichprobe enthielt eine unterschiedliche Anzahl von

Sproßhöhenstufen und jede Sproßhöhenstufe eine unterschiedliche Anzahl von Pflanzen. Für jede Sproßhöhenstufe wurde anschließend die Zahl der Pflanzen ermittelt und ihre Standardabweichungen im Hinblick auf Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser berechnet.

Zur Errechnung der Mittelwerte der Stichproben, die als Ganzes (50 Pflanzen) betrachtet wurden, wurde folgende Formel angewandt:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

wobei:

$\bar{X}$ = Mittelwert jeder Stichprobe (50 Pflanzen)

n = Anzahl der Pflanzen innerhalb jeder Sproßhöhenstufe

$\bar{x}$ = Mittelwert jeder Sproßhöhenstufe

1.2.3.3 Bestimmung des Pflanzengewichtes

Nach dem Messen der Sproßhöhen, der Wurzelhalsdurchmesser und der Einteilung in Sproßhöhenstufen wurde jede Pflanze in Höhe des Wurzelhalsdurchmessers abgeschnitten. Für jede Sproßhöhenstufe wurden zwei Papiertüten bereitgestellt: eine für die Wurzeln und eine für die Sprosse. Auf jeder Tüte wurden die den Pflanzen entsprechenden Daten vermerkt wie: Baumschulnummer, Herkunft, Schwankungen innerhalb der Sproßhöhenstufe in cm etc. Diese Tüten wurden, um eine schnellere Verdampfung des Wassers zu ermöglichen, offen bei 65°C in einen Trockenapparat gelegt, bis die Pflanzen ein konstantes Gewicht erreicht hatten, was spätestens bis zum vierten Tag der Fall war. Die Temperatur von 65°C wurde in Abweichung von der sonst üblichen Trockenschranktemperatur von 105°C gewählt, um zu verhindern, daß die Wurzeln durch die hohe Temperatur pulverisiert wurden. Untersuchungen von SCHUURMAN und GOEDEWAAGEN 1971 (nach BÜHM 1979) haben gezeigt, daß es aus diesem Grund sinnvoll sein kann, den Nachteil einer längeren Trockenzeit in Kauf zu nehmen. Dann wurden die Tüten am fünften Tag jeweils einzeln aus dem Trockenapparat geholt und sofort ge-

wogen. Die Gewichte wurden in Gramm gemessen. Weiter ist zu erwähnen, daß das Material sehr schnell die Luftfeuchtigkeit aufnimmt und dadurch sein Gewicht erhöht, sobald es aus dem Trockenapparat kommt. Aus diesem Grund ist es unerläßlich, das Material sofort zu wiegen. Wenn möglich sollte sich die Waage im gleichen Raum befinden wie der Trockenapparat.

Auch sollte der Raum nach Möglichkeit vorher so vorbereitet sein, daß in ihm nur eine geringe relative Luftfeuchtigkeit vorhanden ist.

Es wurde mit vier verschiedenen Größen von Papiertüten gearbeitet, die ebenfalls unter den oben beschriebenen Bedingungen getrocknet und dann gewogen wurden. Während eine Tüte gewogen wurde, blieben die anderen im Trockenapparat. Als Mittelwert der Gewichte von ca. 20 Tüten wurde für jede Tütengröße das Durchschnittsgewicht bestimmt. Durch Subtraktion dieses Gewichtes vom Gewicht der mit Material gefüllten Tüten erhielt man das reine Trockengewicht der Pflanzen.

Zur Ermittlung des Mittelwerts jeder Stichprobe (50 Pflanzen) wurde die unter Abschnitt 1.2.3.2 erläuterte Formel angewandt.

1.2.3.4 Statistische Auswertung

Ähnlich wie bei der Untersuchung von AKSOY (1965) waren sowohl bei der Fichte wie auch bei der Kiefer nur wenige Herkünfte in der gleichen Altersstufe in mehr als einer Baumschule in den Bereichen Norden, Mitte und Süden vertreten. Bei dem Vergleich von nur wenigen Baumschulen sind erhebliche Umwelteinflüsse nicht auszuschließen. Es war daher notwendig, ohne Rücksicht auf die Herkunft, alle Pflanzen der verschiedenen Altersstufen innerhalb der drei Bereiche Norden, Mitte und Süden zusammenzufassen. Diese Zusammenfassung ist im Hinblick auf die genetische Differenzierung der Herkünfte insofern möglich, als Nachkommenschaftsprüfungen von SCHMIDT-VOGT (1976) bei der Fichte ergeben haben, daß außerhalb des natürlichen Areals der Fichte zwischen den Herkunftsgebieten keine statistisch gesicherten Wuchsunterschiede

bestehen. Deutliche Unterschiede in der Wüchsigkeit zwischen Herkunftsgebieten sind nur dann zu finden, wenn Herkünfte aus Hochlagen in den Vergleich einbezogen werden. Hochlagenherkünfte sind jedoch in dieser Untersuchung nicht enthalten.

Das Hauptziel dieses Teils der Untersuchung besteht darin, die von AKSOY (1965) aufgestellte These (siehe Abschnitt 1.2.1) zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden die Mittelwerte der einzelnen Merkmale auf zwei Arten miteinander verglichen:

- a) Innerhalb jeder Altersstufe wurden die Mittelwerte der drei Bereiche: Norden, Mitte und Süden miteinander verglichen.
- b) Innerhalb jeder Altersstufe wurde der gemeinsame Mittelwert des südlichen und mittleren Bereiches mit dem Mittelwert des nördlichen Bereiches verglichen.

Beim Vergleich zwischen den Mittelwerten der Sproßhöhenstufen erfolgte einmal der Vergleich der Mittelwerte der Merkmale für die gleiche Sproßhöhenstufe in allen Altersstufen. Zum anderen wurde innerhalb jeder Altersstufe die am häufigsten vorkommende Sproßhöhenstufe für den Vergleich verwendet. Das Ziel hierbei war festzustellen, wie sich die einzelnen Merkmale verändern, wenn die Sproßhöhe keine signifikanten Unterschiede aufweist.

Die Arten des Vergleichs der Mittelwerte sind die beiden gleichen wie oben unter a) und b) erwähnt.

Zum Vergleich der Mittelwerte untereinander (die haben die gleiche Varianz aufgewiesen) wurde der t-Test angewandt und zwar wurde nach FREESE (1967) folgende Formel benutzt:

$$t = \frac{\bar{x}_A \cdot \bar{x}_B}{\sqrt{\frac{s^2 (n_A + n_B)}{n_A \cdot n_B}}}$$

Dabei ist:

$\bar{x}_A$: Mittelwert des Merkmals aus Bereich A

$\bar{x}_B$: Mittelwert des Merkmals aus Bereich B

n_A : Anzahl der Wiederholungen aus Bereich A

n_B : Anzahl der Wiederholungen aus Bereich B

Der Wert s^2 in der obigen Formel ergibt sich aus

$$s^2 = \frac{SS_A + SS_B}{(n_A - 1) + (n_B - 1)}$$

SS_A und SS_B ergibt sich jeweils aus der Summe der Quadrate des Bereichs A bzw. B.

In den nächsten Abschnitten folgt eine Analyse der oben erwähnten Tabellen und Abbildungen. Dabei ergeben sich drei Vergleichsmöglichkeiten der Mittelwerte eines einzigen Merkmals (z.B. Sproßhöhe) zwischen den drei Bereichen:

Norden im Vergleich zur Mitte
Norden im Vergleich zum Süden
Mitte im Vergleich zum Süden

1.2.4 Ergebnisse und Diskussion

1.2.4.1 Mittelwerte der Stichproben

Die Tab. 11 und 15 zeigen die Ergebnisse der Mittelwerte der Stichproben jeweils für Fichte und Kiefer mit Bezug auf die Bereiche Norden, Mitte und Süden (siehe Abschnitt 1.2.3.4a). Es ist darauf hinzuweisen, daß jede Stichprobe 50 Pflanzen enthält. Die Mittelwerte der Merkmale

- Sproßhöhe
- Wurzelhalsdurchmesser
- Wurzeltrockengewicht
- Pflanzentrockengewicht

wurden als arithmetisches Mittel der einzelnen Herkünfte für jede Baumschule, für jeden Bereich und für jedes Alter errechnet.

Die übrigen Mittelwerte (Stufigkeit und Wurzelprozent) wurden aus dem Verhältnis der entsprechenden Merkmale abgeleitet (und nicht durch Berechnung des arithmetischen Mittels aller Baumschulen). In den Tab. 12 und 16 wurden die Mittelwerte der Stichproben für die Bereiche Mitte und Süden in einem einzigen Mittelwert zusammengefaßt (siehe Abschnitt 1.2.3.4b). Die Zahl der Her-

künfte jedes Bereichs (Mitte und Süden) hinsichtlich der vier obigen Merkmale (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht) war bei der Erstellung dieser beiden Tabellen zu berücksichtigen.

Auf den folgenden Seiten folgt eine Reihe graphischer Darstellungen, wobei sich die Abb. 4 - 9 auf die Fichtenstichproben und die Abb. 10 - 15 auf die Kiefernstichproben beziehen. Die Fichtenstichproben bestehen aus Pflanzen folgender Altersstufen: 2 + 0, 2 + 1 und 2 + 2. Für die Graphiken wurde die Altersstufe 2 + 1 ausgewählt, da diese in allen drei Bereichen, die dieser Untersuchung zugrunde liegen, die höchste Anzahl von Herkünften aufweist. Die Kiefernstichproben bestehen aus den Altersstufen 1 + 0, 2 + 0 und 1 + 1. Zur Herstellung der Graphiken wurde die Altersstufe 1 + 1 ausgewählt, da die Pflanzen nur in dieser Altersstufe verschult waren. Die Graphiken sollen eine Vorstellung vermitteln über die Verteilung der Mittelwerte aller Merkmale in allen Baumschulen und Herkünften in jedem Bereich.

Zusätzlich sind im Anhang die Mittelwerte aller Altersstufen beider Baumarten detailliert aufgeschlüsselt.

1.2.4.1.1 Fichte

Die Tab.11 und 12 sowie die Graphiken 4 bis 9 beziehen sich auf die Fichtenstichproben.

Tab. 11: Mittelwerte der Merkmale aus den Fichtenstichproben für die Bereiche Norden, Mitte und Süden

Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanze	
2 + 0	Mitte	23,96	2,90	8,26	0,48	2,46	19,51
	Süden	17,42	2,14	8,14	0,26	1,17	22,22
2 + 1	Norden	31,43	6,04	5,20	3,06	14,60	20,96
	Mitte	30,82	5,71	5,40	3,12	12,25	25,47
	Süden	31,21	6,12	5,10	3,25	13,32	24,40
2 + 2	Norden	44,64	8,62	5,18	6,67	32,89	20,28
	Mitte	48,18	8,66	5,56	7,72	33,54	23,02
	Süden	42,06	8,10	5,19	5,93	26,81	22,12

Tab. 12 : Mittelwerte der Merkmale aus den Fichtenstichproben für die Bereiche Norden
(ozeanisch beeinflusster Bereich) sowie Mitte und Süden (Binnenland)

Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	pflanze	
2 + 1	Norden	31,43	6,04	5,20	3,06	14,60	20,96
	Mitte + Süden	31,00	5,90	5,25	3,18	12,74	24,96
2 + 2	Norden	44,64	8,62	5,18	6,67	32,89	20,28
	Mitte + Süden	44,92	8,36	5,37	6,77	29,95	22,60

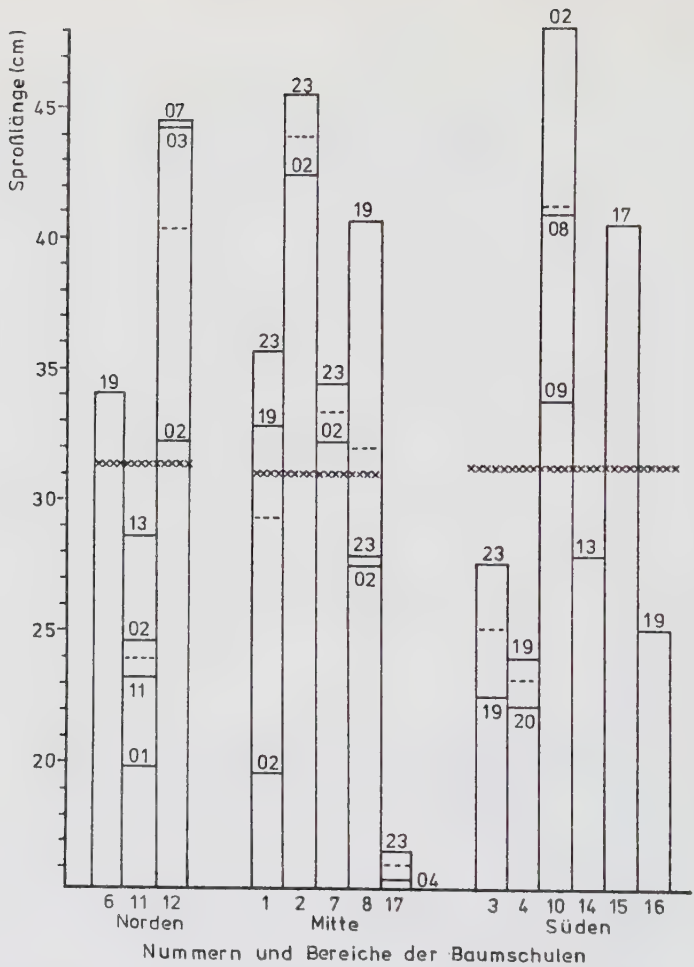


Abb. 4 : Darstellung der Sproßlänge einzelner Herkünfte von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

- Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
- Mittelwert jeder Baumschule
- xxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

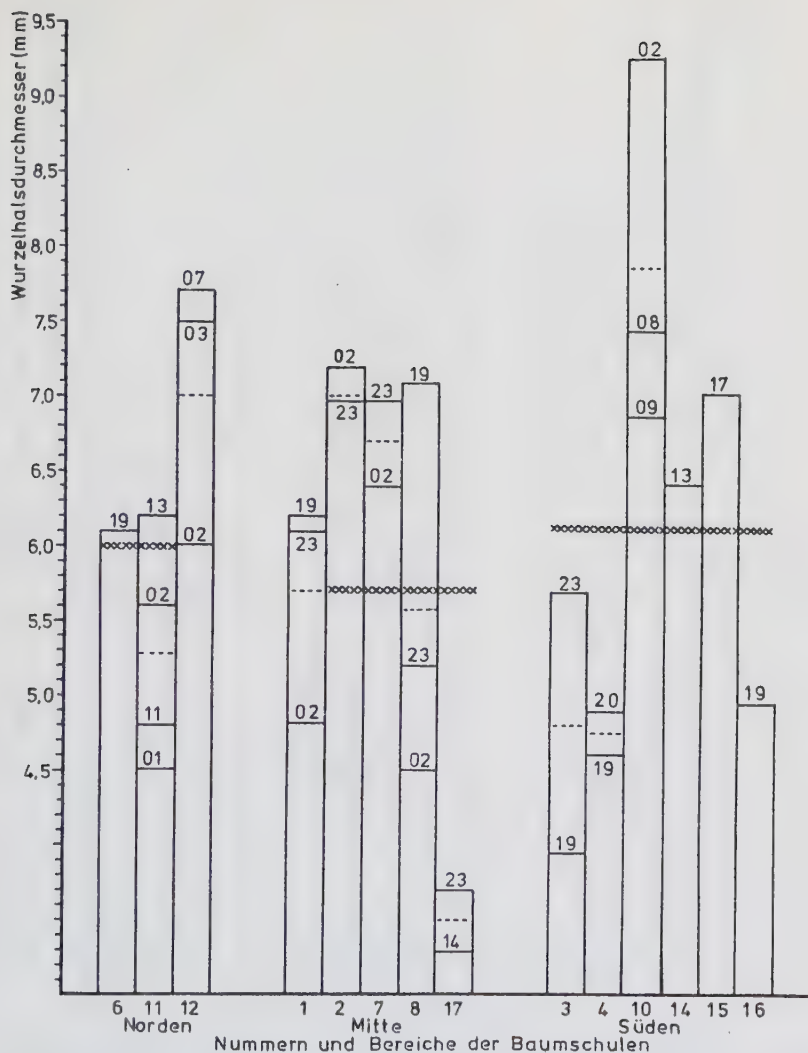


Abb. 5 : Darstellung des Wurzelhalsdurchmessers einzelner Herkünfte von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

———— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

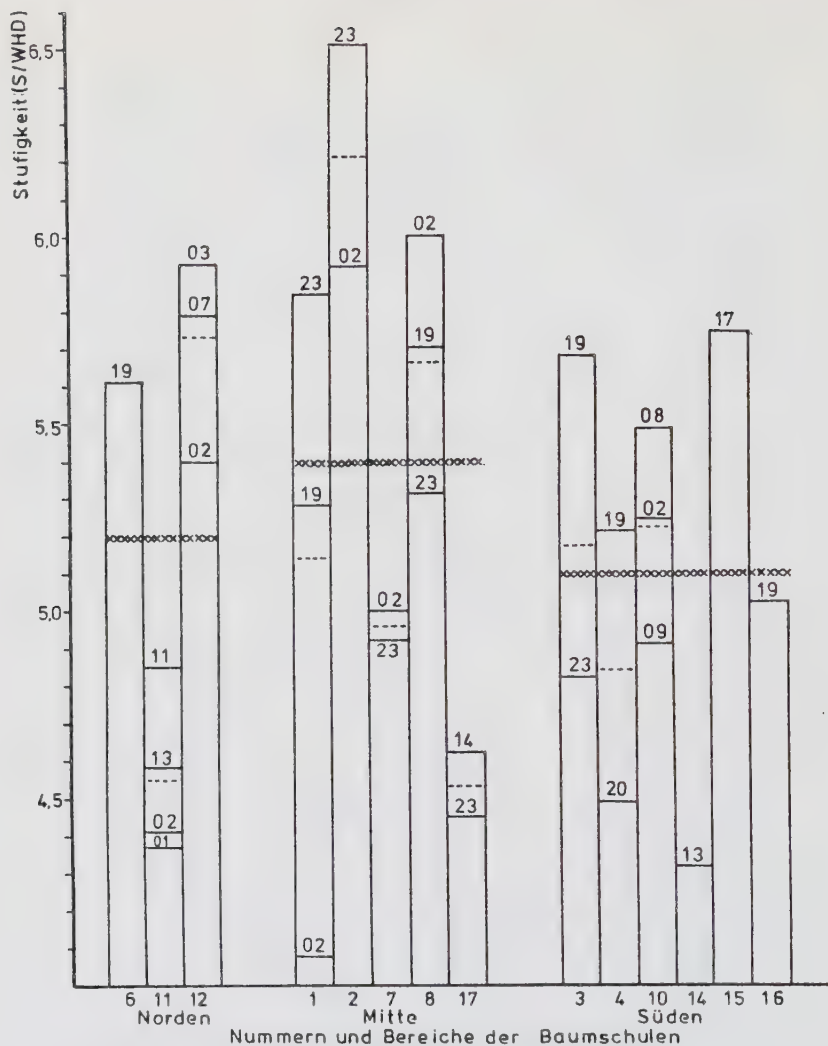


Abb. 6 : Darstellung der Stufigkeit einzelner Herkunft von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkunft

- Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
- Mittelwert jeder Baumschule
- xxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches
- S = Sproßlänge
- WHD = Wurzelhalsdurchmesser

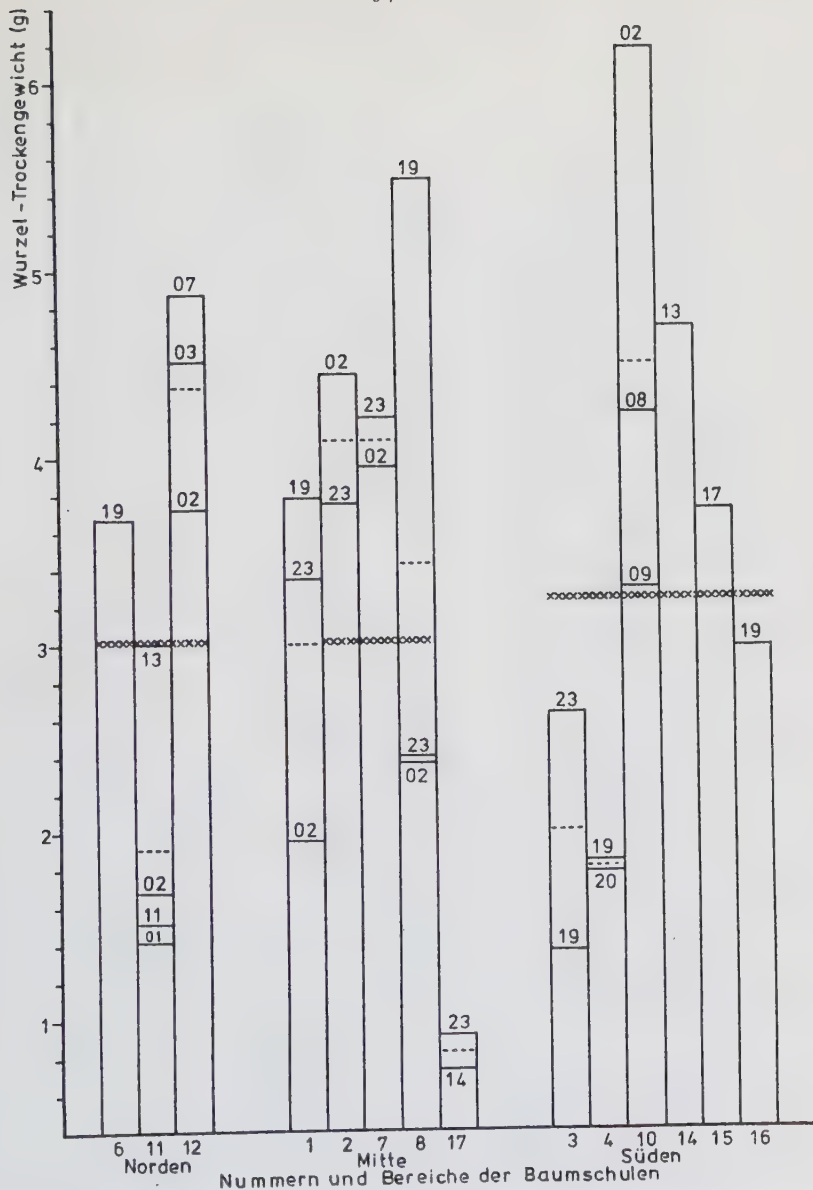


Abb. 7 : Darstellung des Wurzel-trockengewichtes einzelner Herkünfte von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

———— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

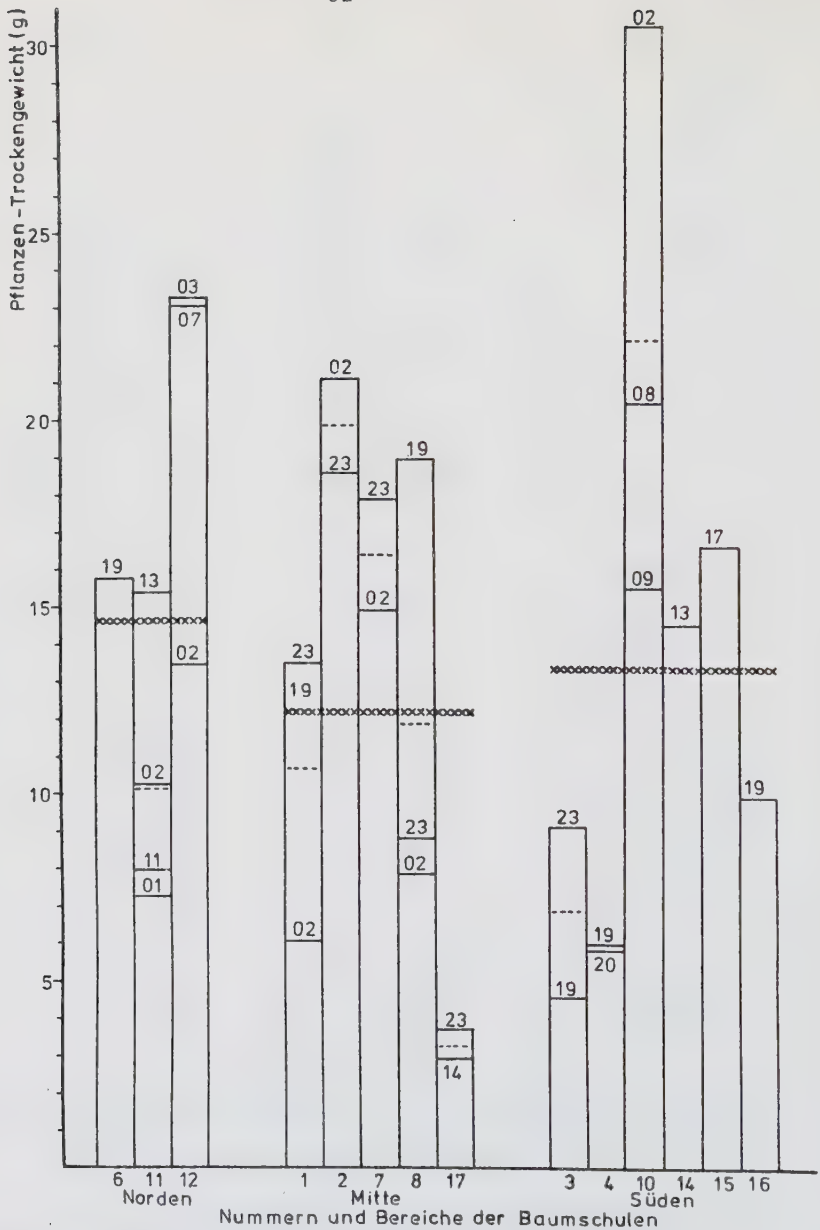


Abb. 8 : Darstellung des Pflanzentrockengewichtes einzelner Herkünfte von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

----- Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

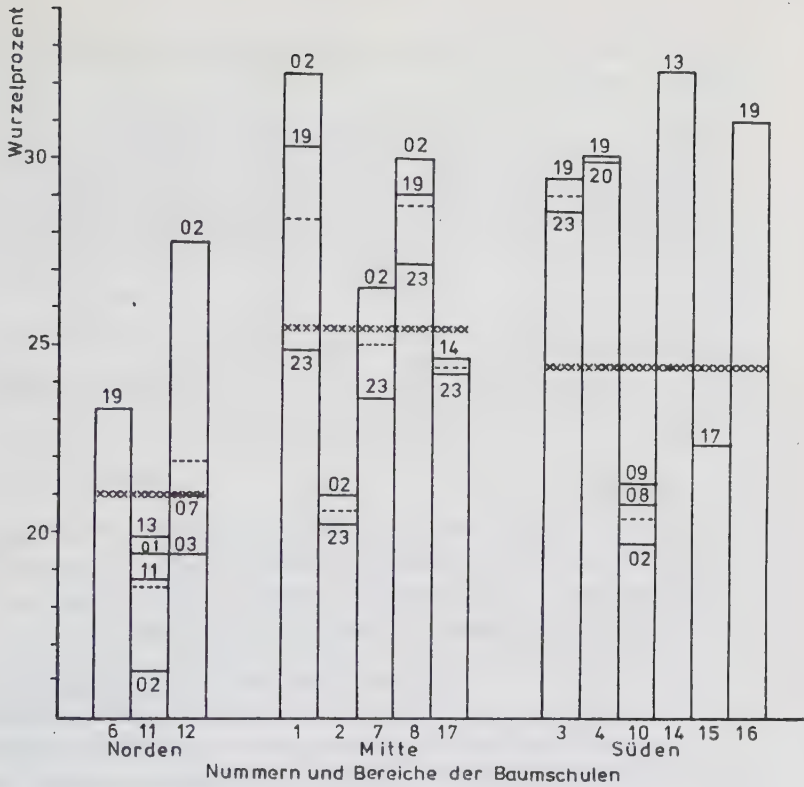


Abb. 9 : Darstellung des Wurzelprozentes einzelner Herkünfte von 2+1 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

———— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

Vergleich der Mittelwerte der Merkmale aus den Bereichen Norden, Mitte und Süden

- A) Tab. 11 zeigt die Mittelwerte aller Merkmale in den drei Bereichen. Der durch den t-Test durchgeführte Vergleich der Mittelwerte eines gleichen Merkmals innerhalb der drei Bereiche läßt sich für die betreffenden Altersstufen wie folgt interpretieren:

Altersstufe 2+0:

Bei allen Merkmalen können in den drei Bereichen keinerlei Unterschiede festgestellt werden.

Altersstufe 2+1:

- a) Für das Merkmal Wurzelprozent ergab sich ein signifikanter Unterschied (1 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) zwischen den Bereichen Norden und Mitte, wobei der höhere Mittelwert im Bereich Mitte verzeichnet wurde.
- b) Auch zwischen den Bereichen Norden und Süden wurde ein signifikanter Unterschied (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) für das Merkmal Wurzelprozent festgestellt. Die Mittelwerte des Bereiches Süden waren ebenfalls höher als die des Bereiches Norden.
- c) Der Vergleich der übrigen Merkmale - Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Altersstufe 2+2:

- a) Auch zwischen den Bereichen Norden und Mitte wurden signifikante Unterschiede (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) für das Merkmal Wurzelprozent festgestellt. Die Mittelwerte des Bereichs Mitte waren ebenfalls höher als die des Bereichs Norden.
- b) Der Vergleich der übrigen Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzen-

trockengewicht zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Hier ist erneut zu betonen, daß zwischen den drei Bereichen - außer den oben erwähnten Abweichungen, die sich lediglich auf das Merkmal Wurzelprozent beziehen - keine Unterschiede im Mittelwert der Merkmale festgestellt wurden. Die Unterschiede beim Merkmal Wurzelprozent begünstigten die Bereiche Mitte und Süden, was den Folgerungen AKSOYs (1965) widerspricht.

- B) Bezüglich der Merkmale zeigen die Abb. 4 - 9 im allgemeinen große Unterschiede in den Durchschnitten der Baumschulen eines gleichen Bereiches. Dies ist am Beispiel der Altersstufe 2+1 im folgenden näher ausgeführt.

Bereich Norden:

Die Durchschnitte der Merkmale von Baumschule 11 weisen geringere Werte auf als die Durchschnitte in Baumschule 12, jedoch besitzen die Pflanzen der Baumschule 11 eine höhere Stufigkeit. Daraus wird deutlich, daß im Vergleich zu Baumschule 12 das Längenwachstum stärker reduziert war als das Dickenwachstum.

Bereich Mitte

In den Baumschulen 2 und 7 wurden im allgemeinen die höchsten Durchschnittswerte des Bereiches ermittelt. Jedoch zeigt Baumschule 2 niedrige Stufigkeit und ein geringes Wurzelprozent, während Baumschule 7 eine hohe Stufigkeit, aber mittlere Wurzelprozentwerte aufweist.

Die Herkunft aus Baumschule 17 besitzen die niedrigsten Durchschnittswerte der Merkmale im gesamten Bereich, jedoch ist die Stufigkeit in dieser Baumschule am höchsten.

Bereich Süden

Insgesamt waren die Durchschnitte der Merkmale bei den Pflanzen aus den Baumschulen 3 und 4 geringer als der Mittelwert des gesamten Bereiches, jedoch war der Mittelwert des Merkmals Wurzelprozent höher als der Mittelwert des Bereichs. Baumschule 4 weist außerdem eine höhere Stufigkeit auf.

Die Merkmale der Herkünfte aus Baumschule 10 zeigten im allgemeinen hohe Durchschnittswerte, allerdings besaßen die Pflanzen aus dieser Baumschule niedrige Stufigkeit und Wurzelprozentwerte.

- C) Wenn man die obengenannten Abbildungen betrachtet, stellt man fest, daß innerhalb des gleichen Bereiches in den Durchschnitten der Pflanzenmerkmale von Baumschule zu Baumschule große Unterschiede bestehen. In der Tab. 13 sind die Baumschulen aufgeführt, die innerhalb des gleichen Bereiches die größten Unterschiede in den einzelnen Merkmalen aufweisen.

Tab. 13 : Baumschulen mit den größten Unterschieden in den einzelnen Merkmalen innerhalb des gleichen Bereiches

<u>Merkmale</u>	<u>Baumschulen</u>	<u>Bereiche</u>
Sproßhöhe	11 und 12	Norden
	2 und 17	Mitte
	4 und 10	Süden

Wurzelhalsdurchmesser	2 und 17	Mitte
	3 und 10	Süden

Stufigkeit	11 und 12	Norden
	2 und 17	Mitte

Wurzeltrockengewicht	2 und 17	Mitte
	4 und 10	Süden

Pflanzentrockengewicht	2 und 17	Mitte
	7 und 17	Mitte
	3 und 10	Süden

Wurzelprozent	1 und 2	Mitte
	4 und 10	Süden

Diese Abweichungen könnten u.a. durch unterschiedliche Anzuchtbedingungen der Pflanzen erklärt werden, wie z.B.

- a) Düngung
- b) Zeitpunkt der Verschulung
- c) Bodenbeschaffenheit
- d) Höhenlage des Anzuchtortes

D) Wenn man die erwähnten Abb. (4 - 9) analysiert, stellt man außerdem große Unterschiede in den Durchschnittswerten derselben Pflanzenherkunft innerhalb des gleichen Bereiches fest. Die Tab. 14 enthält die Herkünfte, bei denen die größten Unterschiede gefunden wurden.

Tab. 14: Herkünfte bei denen innerhalb des gleichen Bereiches die größten Unterschiede in den einzelnen Merkmalen gefunden wurden

<u>Merkmale</u>	<u>Baumschulen</u>	<u>Herkünfte</u>	<u>Bereiche</u>
Sproßhöhe	11 und 12	84002	Norden
	2,7 und 8	84002/23	Mitte
Wurzelhalsthrough-	2,7 und 8	84002/23	Mitte
messer			
Stufigkeit	11 und 12	84002	Norden
	2 und 7	84002/23	Mitte
	3 und 16	84019	Mitte
Wurzeltrockenge-	11 und 12	84002	Norden
wicht	2 und 8	84002/23	Mitte
Pflanzentrocken-	2,7 und 8	84002/23	Mitte
gewicht			
Wurzelprozent	11 und 12	84002	Norden
	1 und 2	84002/23	Mitte

Diese Unterschiede können ebenfalls durch die in Punkt C erwähnten Faktoren erklärt werden.

Vergleich der Mittelwerte der Merkmale in den Bereichen
Norden / (Mitte + Süden)

Für Tab. 12 wurden die Mittelwerte der Merkmale für die Bereiche Mitte und Süden in einem Wert zusammengefaßt. Diese Tabelle erlaubt demnach einen Vergleich zwischen dem norddeutschen Küstengebiet (ozeanischer Bereich) und dem süddeutschen Binnenland. Der mit dem t-Test durchgeführte Vergleich ergab folgende Ergebnisse:

Altersstufen 2+1 und 2+2

- a) Der Vergleich der Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht ergab keine signifikanten Unterschiede.
- b) Als einziges Merkmal weist das Wurzelprozent eine Abweichung auf. In diesem Punkt entspricht das Ergebnis Berechnungen des Wurzelprozents, die mit den bei AKSOY (1965) gefundenen Werten von Pflanzen- und Wurzelgewicht durchgeführt wurden.

Die Unterschiede, die sich jeweils zugunsten des Binnenlandes ergaben, ließen sich in der Altersstufe 2+1 mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1 % und in der Altersstufe 2+2 mit einer solchen von 5 % statistisch absichern.

- c) Alle anderen Ergebnisse widersprechen der Aussage von AKSOY (1965), die in Abschnitt 1.2.1 der vorliegenden Untersuchung zitiert ist.

1.2.4.1.2 Kiefer

Die Tab. 15 und 16 sowie die Graphiken 10 bis 15 beziehen sich auf die Kiefernstichproben.

Tab.15: Mittelwerte der Merkmale aus den Kiefernstichproben für die Bereiche Norden, Mitte und Süden

Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Whd	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanze	
1 + 0	Norden	9,01	2,46	3,66	0,15	0,79	18,99
	Mitte	6,98	1,75	3,99	0,13	0,56	23,21
	Süden	5,44	1,43	3,80	0,11	0,42	26,19
2 + 0	Mitte	10,44	3,63	2,88	0,55	2,81	19,57
	Süden	11,41	3,86	2,96	0,52	2,28	22,81
1 + 1	Norden	12,73	4,33	2,94	1,17	5,00	23,40
	Mitte	13,70	5,59	2,45	1,46	5,33	27,39
	Süden	13,23	4,89	2,70	1,15	5,00	23,00

Tab. 16: Mittelwerte der Merkmale aus den Kiefernstichproben für die Bereiche Norden (ozeanisch beeinflusster Bereich) sowie Mitte und Süden (Binnenland)

Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanze	
1 + 0	Norden	9,01	2,46	3,66	0,15	0,79	18,99
	Mitte + Süden	6,40	1,63	3,93	0,12	0,50	24,00
1 + 1	Norden	12,73	4,33	2,94	1,17	5,00	23,40
	Mitte + Süden	13,53	5,33	2,54	1,35	5,21	25,91

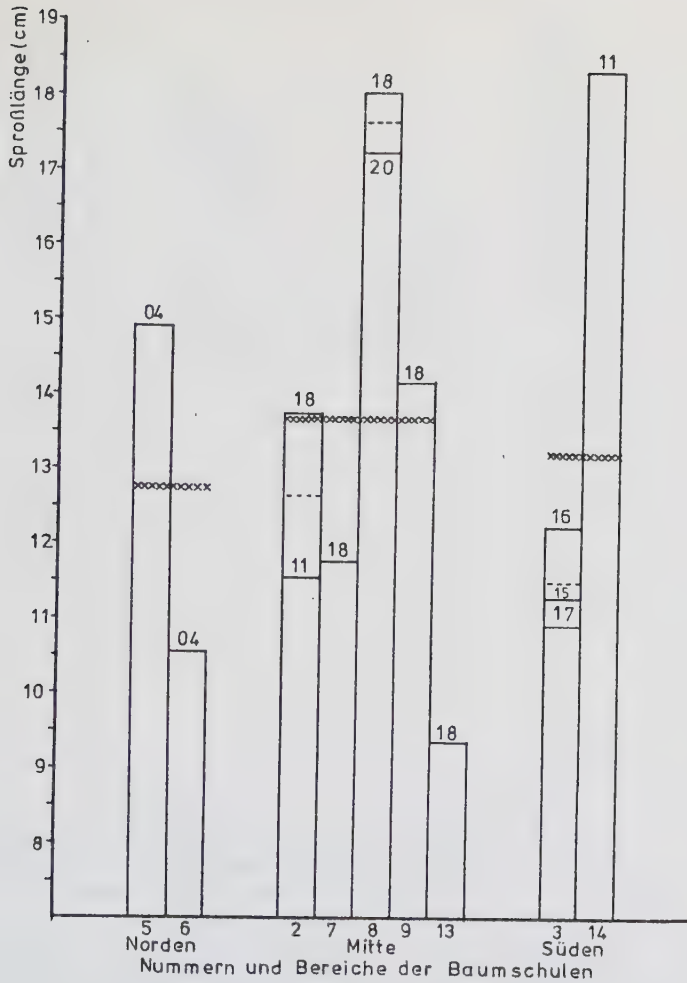


Abb. 10: Darstellung der Sproßlänge einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefern-pflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

———— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

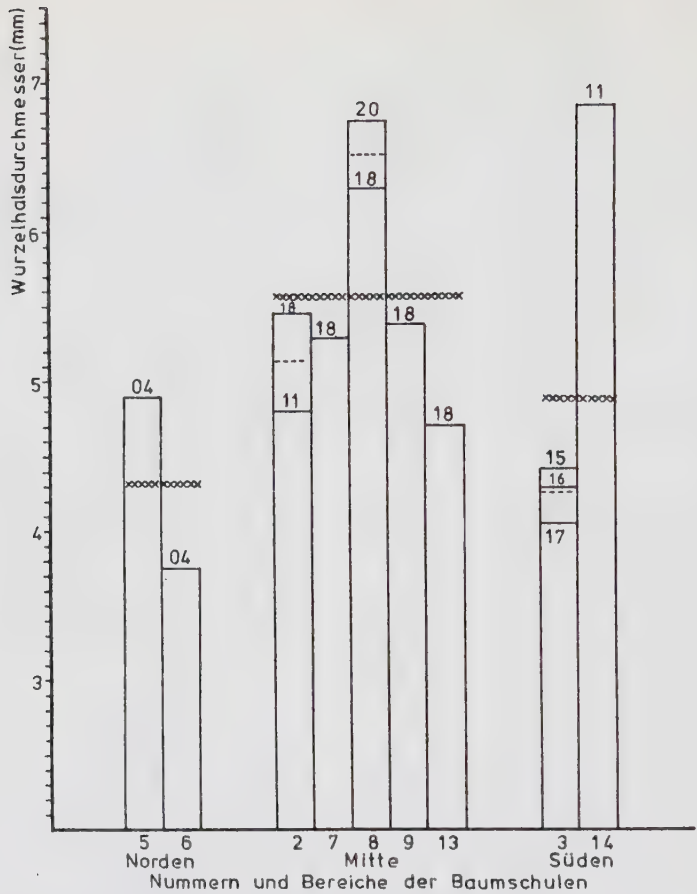


Abb. 11: Darstellung des Wurzelhalsdurchmessers einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

————— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

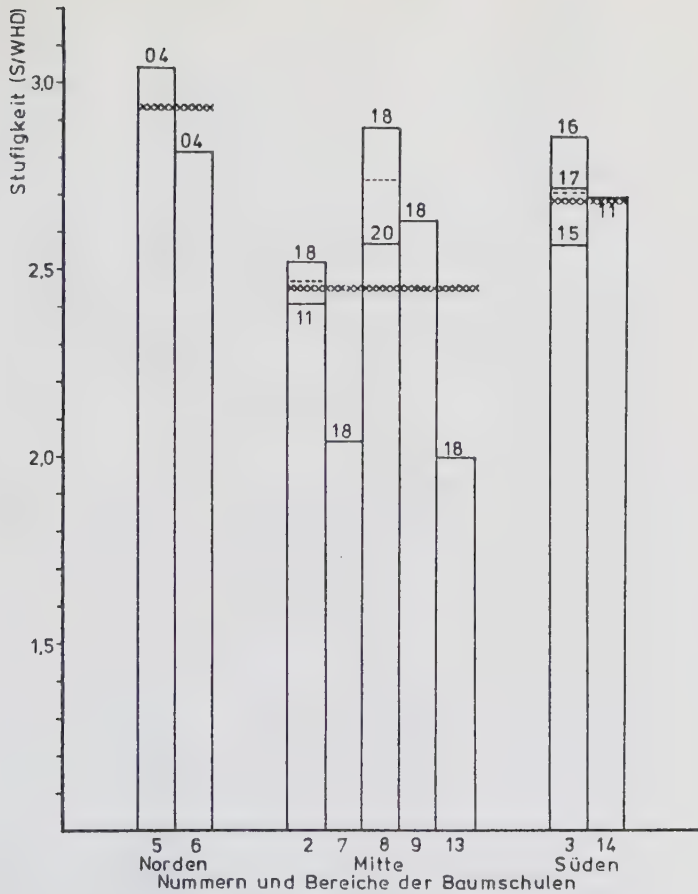


Abb. : Darstellung der Stufigkeit einzelner Herkunft von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkunft

————— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches
 S = Sproßlänge
 WHD = Wurzelhalsdurchmesser

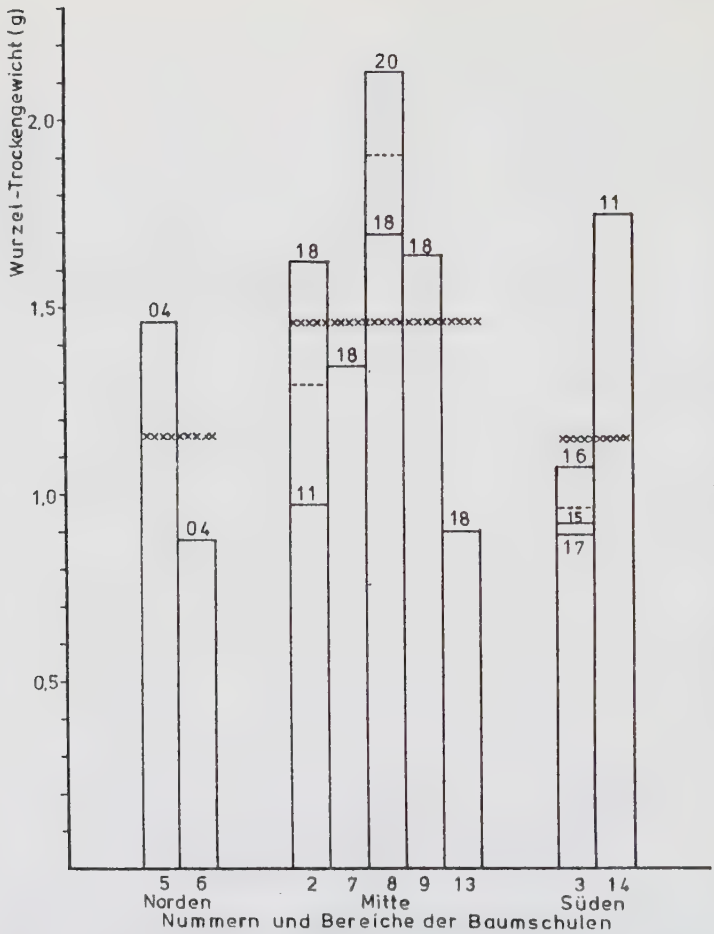


Abb. 13: Darstellung des Wurzeltrockengewichtes einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefern-pflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

- Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
- Mittelwert jeder Baumschule
- xxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

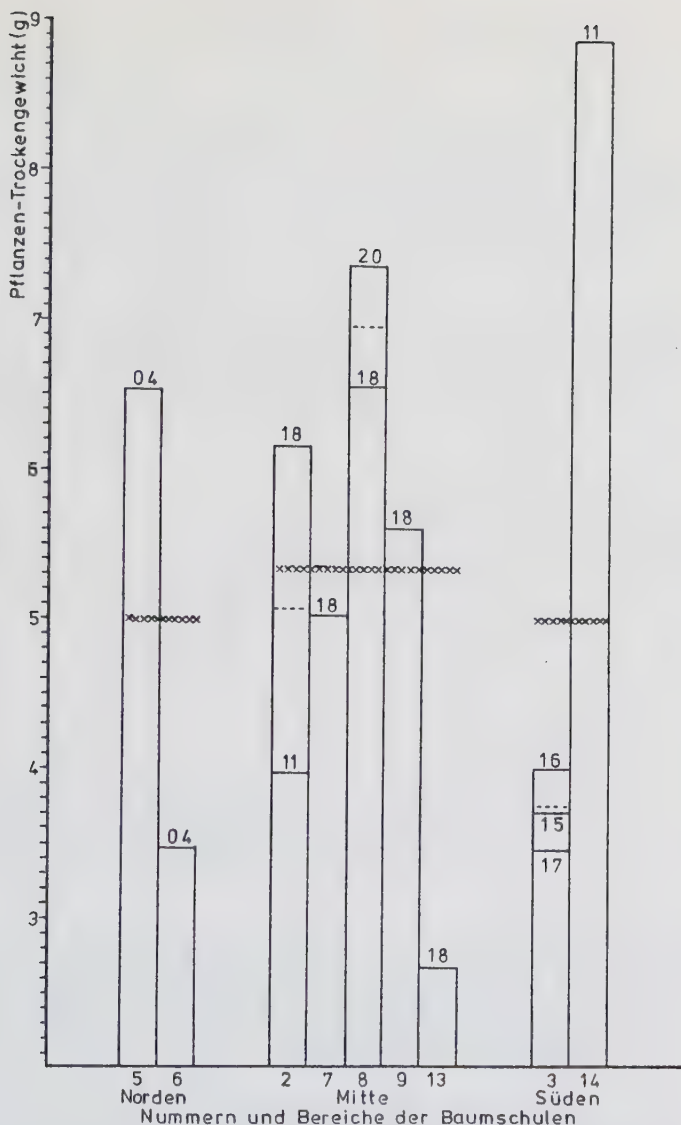


Abb. 14: Darstellung des Pflanzentrockengewichtes einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

————— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

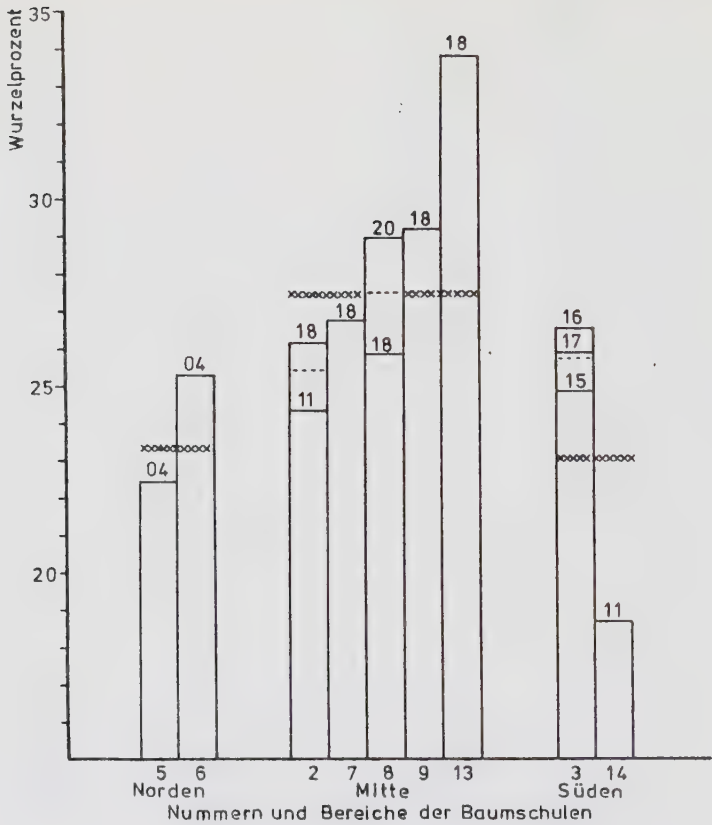


Abb. 15 : Darstellung des Wurzelprozentcs einzelner Herkunftc von 1+1 jährigen Kiefern-pflanzen, geordnet nach Baum-schulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkunftc

———— Mittelwert jeder Herkunft (50 Pflanzen)
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

Vergleich der Mittelwerte der Merkmale in den Bereichen Norden, Mitte und Süden

A) Tab. 17 zeigt die Mittelwerte aller Merkmale in den drei Bereichen. Der mit Hilfe des t-Tests durchgeführte Vergleich der Mittelwerte eines Merkmals innerhalb der drei Bereiche zeigt für die Altersstufe 1+0 das in der folgenden Tabelle schematisch dargestellte Ergebnis.

Tab. 17: Ergebnisse der statistischen Absicherung beim Vergleich der Bereiche für die einzelnen Merkmale bei Kiefer im Alter 1+0. Die Signifikanzzeichen sind in der Zeile desjenigen Bereiches aufgeführt, der die jeweils höheren Werte hat

Vergleich zwischen den Bereichen	Sproßhöhe	Wurzelhals-durchmesser	Pflanzentrocken-gewicht	Wurzel-prozent
Norden	*	*	*	NS
Mitte				
Norden	**	**	*	
Süden				**

Die übrigen Merkmale - Stufigkeit und Wurzeltrockengewicht - zeigten in ihren Mittelwerten keine signifikanten Unterschiede. Auch bei den übrigen Altersstufen (2+0 und 1+1) wurden keine Unterschiede in den Mittelwerten der Merkmale festgestellt.

Hier zeigt sich, daß in den Fällen, bei denen ein Unterschied auftrat, die Mittelwerte zugunsten des Bereiches Norden sprachen, im Gegensatz zu AKSOys (1965) Ergebnissen. Als alleinige Ausnahme fielen die Unterschiede im Mittelwert des Merkmals Wurzelprozent zugunsten des Bereiches Süden aus.

Es ergibt sich, daß in den Altersstufen 2+0 und 1+1 (d.h. mit und ohne Verschulung) in den Mittelwerten der Merkmale kein signifikanter Unterschied auftrat.

- B) Leider war in den einzelnen Baumschulen keine größere Anzahl von Herkunftsnr. verfügbar. Die Baumschulen 2 und 8 (Mitte) hatten zwei und Baumschule 3 (Süden) drei Herkunftsnr. Die übrigen Baumschulen hatten nur eine Herkunftsnr. Andererseits waren die gleichen Herkunftsnr. auch in den Baumschulen der drei Bereiche nicht vorhanden. Z.B. waren die Herkunftsnr. der Baumschule 3 (Süden) nicht die gleichen wie die der Bereiche Mitte und Norden. Herkunftsnr. 85111 war eine Ausnahme, denn sie war die gleiche wie die aus den Baumschulen 2 und 14 (Bereich Mitte bzw. Süden).

Wie bei den Fichtenstichproben weist die Analyse der für die Kiefernstichproben angefertigten Abb. (10 - 15) Unterschiede in den Mittelwerten innerhalb der Baumschulen des gleichen Bereiches auf.

Dies wird am Beispiel der Altersstufe 1+1 verdeutlicht.

Bereich Norden

Für die gleiche Herkunftsnr. 85104 zeigen die Durchschnitte der Merkmale von Baumschule 5 höhere Werte als die von Baumschule 6. Jedoch besaßen die Pflanzen aus Baumschule 6 eine höhere Stufigkeit und höhere Wurzelprozentwerte.

Bereich Mitte

Die Durchschnitte der Merkmale von Baumschule 8 wiesen im allgemeinen die höchsten Werte des gesamten Bereiches auf. Jedoch war die Stufigkeit gering und die Wurzelprozentwerte die gleichen wie die des gesamten Bereiches.

Die Durchschnitte der Merkmale von Herkunftsnr. 85118 aus Baumschule 13 zeigten die niedrigsten Werte des Bereiches. Allerdings besaßen die Pflanzen hohe Stufigkeit und hohe Wurzelprozentwerte.

Bereich Süden

Die Durchschnitte der Merkmale von Herkunft 85111 aus Baumschule 14 zeigten die höchsten Werte des gesamten Bereiches. Andererseits besaßen die Pflanzen für das Merkmal Stufigkeit die gleichen Mittelwerte wie der gesamte Bereich und die niedrigsten Werte für das Merkmal Wurzelprozent.

- C) Wie bei den Fichtenstichproben zeigen die erwähnten Abb. (10 - 15) Unterschiede in den Durchschnitten der Baumschulen eines Bereiches. Auf eine Verdeutlichung durch Beispiele wird hier verzichtet, da diese dem im Abschnitt 1.2.4.1.1 - C für die Fichtenstichproben erläuterten Sachverhalt sehr nahekommen.
- D) Im Hinblick auf die Unterschiede innerhalb der gleichen Herkunft desselben Bereichs wird ebenfalls auf eine nähere Erläuterung verzichtet, da für die Fichtenstichproben in Abschnitt 1.2.4.1.1 - D ähnliche Beispiele gegeben wurden.

Vergleich der Mittelwerte in den Bereichen Norden / (Mitte + Süden)

In Tab. 18 wurden die Mittelwerte der Merkmale im Bereich Mitte mit den Mittelwerten des Bereiches Süden zusammengefaßt. Diese Tabelle erlaubt demnach einen Vergleich der Mittelwerte zwischen dem norddeutschen Küstengebiet (ozeanischer Bereich) und dem süddeutschen Binnenland. Der mit dem t-Test durchgeführte Vergleich ergab folgende Ergebnisse:

Tab.18 : Ergebnisse der statistischen Absicherungen beim Vergleich der Bereiche (Norden/Mitte + Süden) für die einzelnen Merkmale bei Kiefer im Alter 1+0. Die Signifikanzzeichen sind in der Zeile desjenigen Bereiches aufgeführt, der die jeweils höheren Werte hat

Vergleich zwischen den Bereichen	Sproßhöhe	Wurzelhalsdurchmesser	Pflanzentrockengewicht	Wurzelprozent
Norden	**	**	**	
Mitte + Süden				**

Auch hier zeigt sich, daß in den Fällen, bei denen ein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten verzeichnet wurde, der Bereich Norden begünstigt ist. Dies steht im Widerspruch zu den Resultaten von AKSOY (1965). Die einzige Ausnahme war das Merkmal Wurzelprozent, bei dem die Unterschiede den Bereich Mitte und Süden begünstigten. In diesem Punkt entspricht das Ergebnis Berechnungen des Wurzelprozents, die mit den bei AKSOY (1965) gefundenen Werten von Pflanzen- und Wurzelgewicht durchgeführt wurden.

1.2.4.2 Mittelwerte der Sproßhöhenstufen

Die Ergebnisse der Mittelwerte der Sproßhöhenstufen, in denen die größte Pflanzenzahl gefunden wurde, sind in den Tab. 19 und 22 jeweils für Fichte und Kiefer für die Bereiche Norden, Mitte und Süden dargestellt.

Innerhalb der gleichen Altersstufe weisen die Sproßhöhenstufen bei allen Herkünften eine unterschiedliche Anzahl von Pflanzen auf. Bei der Erstellung dieser Tabellen wurden bei den Merkmalen

- a - Sproßhöhe
- b - Wurzelhalsdurchmesser
- c - Wurzeltrockengewicht
- d - Pflanzentrockengewicht

die Mittelwerte mit den Pflanzenzahlen gewichtet.

Die übrigen Mittelwerte (Stufigkeit und Wurzelprozent) wurden aus dem Verhältnis der entsprechenden Merkmale zueinander abgeleitet.

In den Tab. 20 und 23 wurden wiederum die Mittelwerte in den Bereichen Mitte und Süden zu einem gemeinsamen Wert zusammengefaßt. Als Grundlage für die Erstellung dieser Tabellen diente die Anzahl der Herkünfte in jedem Bereich (Mitte und Süden) unter Berücksichtigung der vier obigen Merkmale (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht). Die übrigen Mittelwerte (Stufigkeit und Wurzelprozent) wurden aus dem Verhältnis der entsprechenden Merkmale abgeleitet.

Die Graphiken zu den Mittelwerten der am häufigsten vorkommenden Sproßhöhenstufen sollen die ermittelten Resultate verdeutlichen.

Für die Fichtenpflanzen wurde die Altersstufe 2+2 ausgewählt, da hier innerhalb der gleichen Sproßhöhenstufe das Merkmal Wurzelhalsdurchmesser die größte Standardabweichung zeigte. Bei einem solchen Vorgehen wird gewährleistet, daß bei nicht zu unterschiedlichen Mittelwerten die statistische Absicherung zwischen den einzelnen Bereichen erschwert wird und eine Absiche-

rung unterbleibt, die im wesentlichen aufgrund geringer Standardabweichungen zustande käme.

Für die Kiefernpflanzen wurde die Altersstufe 1+1 ausgewählt, da hier die meisten Herkünfte verzeichnet wurden und dies die einzige Altersstufe mit verschulten Pflanzen war. Außerdem trat in dieser Altersstufe die größte Standardabweichung im Wurzelhalsdurchmesser innerhalb einer bestimmten Sproßhöhenstufe auf.

1.2.4.2.1 Fichte

Tab. 19: Mittelwerte der Merkmale der Sproßhöhenstufen mit den meisten Pflanzen für die Bereiche Norden, Mitte und Süden
Fichte

Höhen- stufe (cm)	Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurch- messer (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanze	
11-15	2+0	Mitte	-	-	-	-	-	-
		Süden	13,60	1,70	8,00	0,17	0,65	26,15
21-30	2+1	Norden	25,39	5,34	4,75	1,95	9,76	19,98
		Mitte	25,92	5,07	5,11	2,44	8,60	28,37
		Süden	25,09	5,22	4,81	2,48	8,44	29,38
41-50	2+2	Norden	44,65	8,61	5,18	6,28	31,26	20,09
		Mitte	46,00	8,47	5,43	7,31	30,09	24,29
		Süden	45,38	8,51	5,33	6,56	30,05	21,83

Tab. 20 : Mittelwerte der Merkmale der Sproßhöhenstufen mit den meisten Pflanzen für die Bereiche Norden / (Mitte + Süden) bzw. ozeanisch beeinflusster Bereich und Binnenland

Fichte

Höhen- stufe (cm)	Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurch- messer (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanze	
21-30	2+1	Norden	25,39	5,34	4,75	1,95	9,76	19,98
		Mitte + Süden	25,56	5,13	4,98	2,46	8,53	28,84
41-50	2+2	Norden	44,65	8,61	5,18	6,28	31,26	20,09
		Mitte + Süden	45,71	8,49	5,38	6,96	30,07	23,15

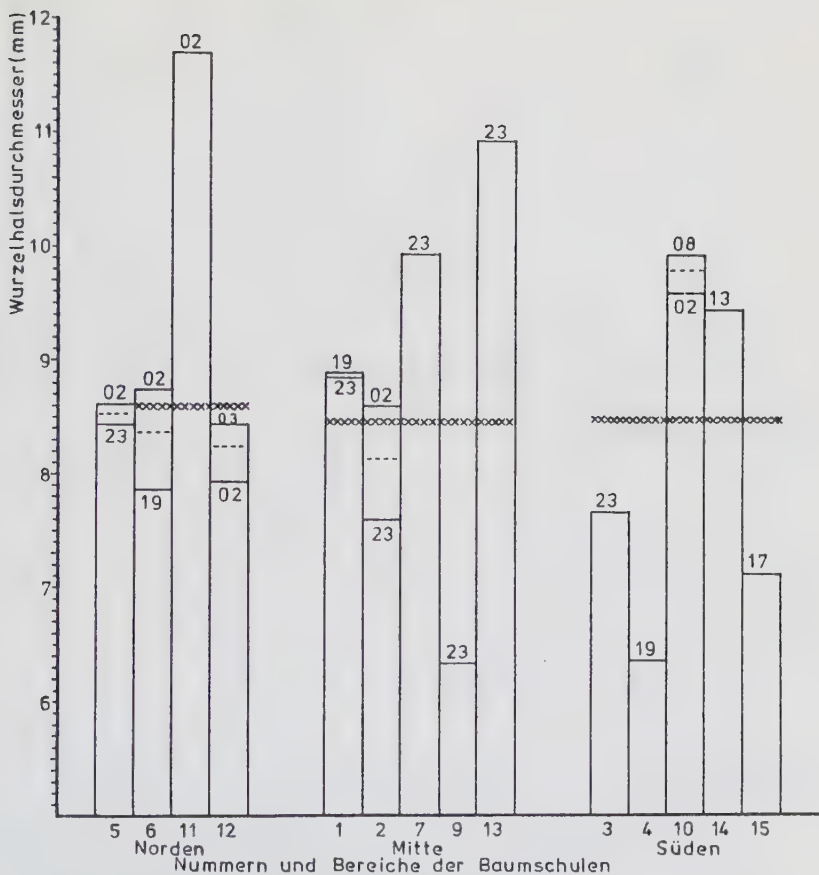


Abb. 16: Darstellung des Wurzelhalsdurchmessers in der Sproßhöhenstufe (41-50 cm) einzelner Herkünfte von 2+2 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte.

————— Mittelwert jeder Herkunft
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

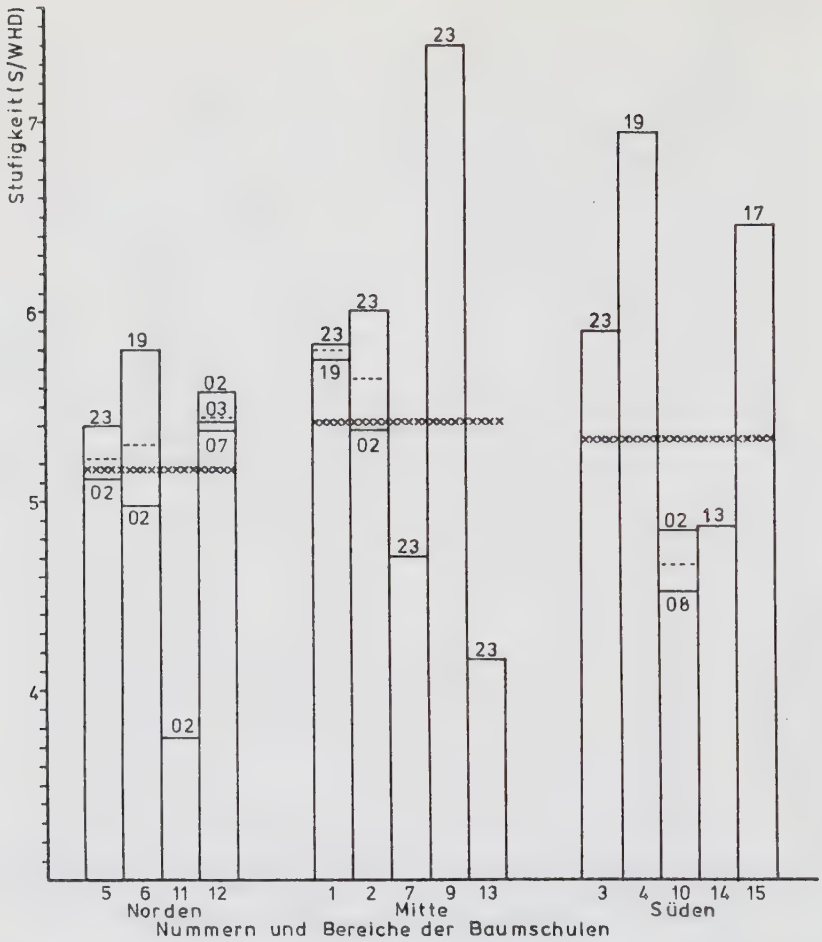


Abb. 17: Darstellung der Stufigkeit in der Sproßhöhenstufe (41-50 cm) einzelner Herkünfte von 2+2 jährigen Fichtentpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

—————	Mittelwert jeder Herkunft
-----	Mittelwert jeder Baumschule
xxxxxxxxxxx	Mittelwert jedes Bereiches
S	= Sproßlänge
WHD	= Wurzelhalsdurchmesser

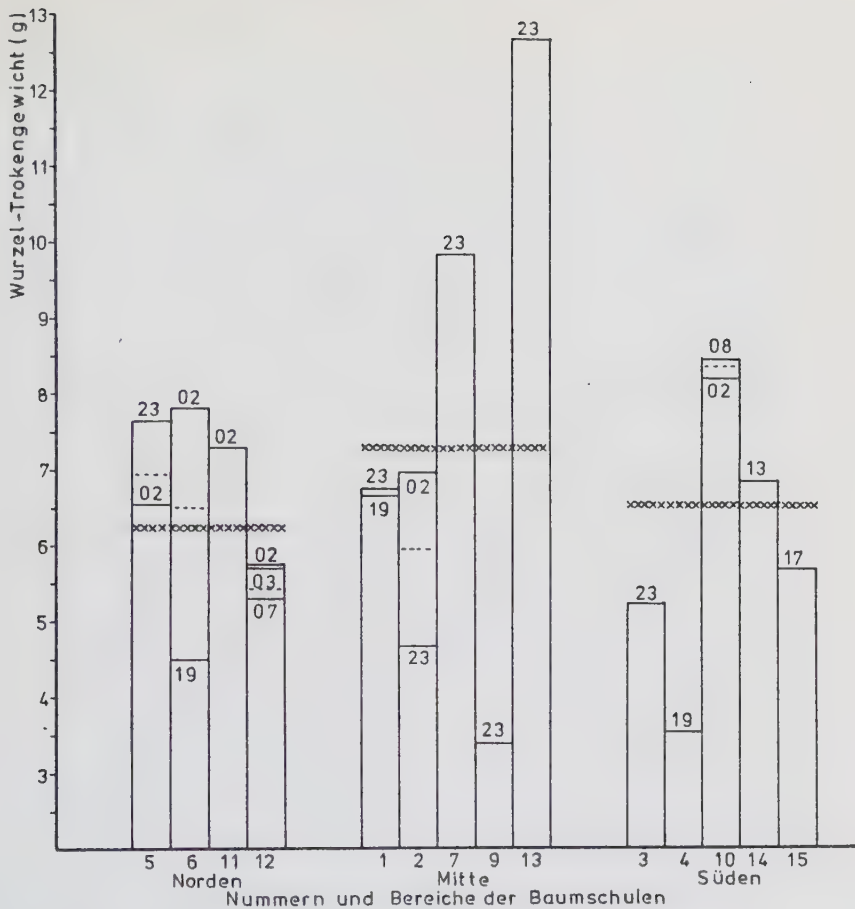


Abb. 18 : Darstellung des Wurzeltrockengewichtes in der Sproßhöhenstufe (41-50 cm) einzelner Herkünfte von 2+2 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

————— Mittelwert jeder Herkunft
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

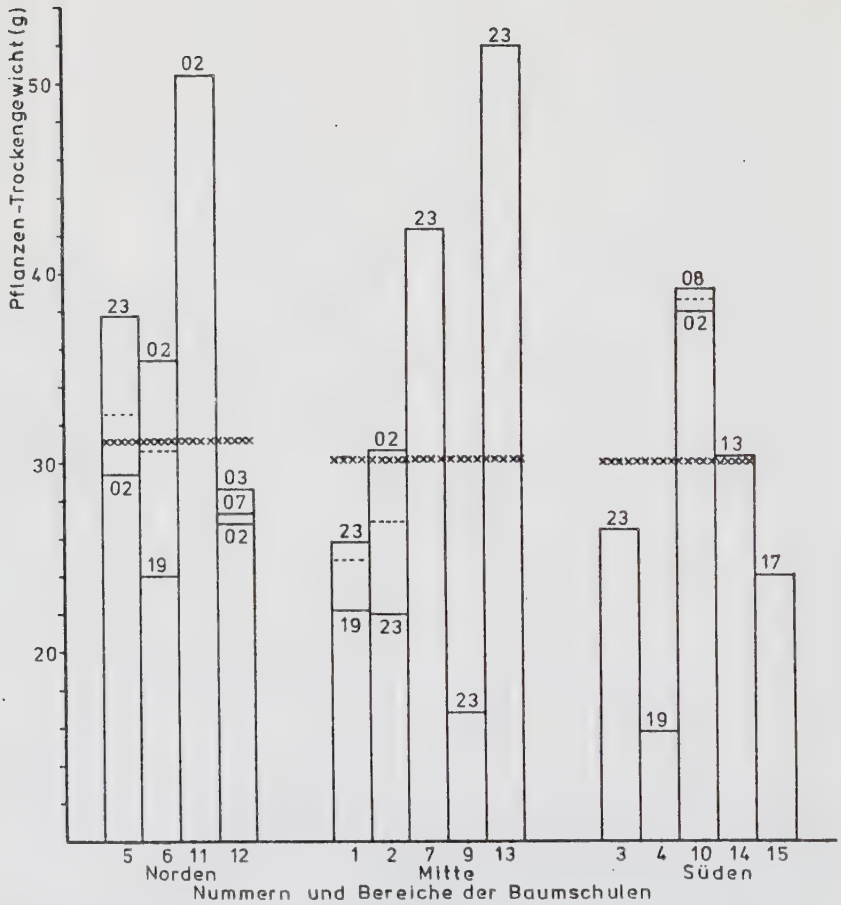


Abb. 19: Darstellung des Pflanzentrockengewichtes in der Sproßhöhenstufe (41-50 cm) einzelner Herkünfte von 2+2 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

————— Mittelwert jeder Herkunft
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

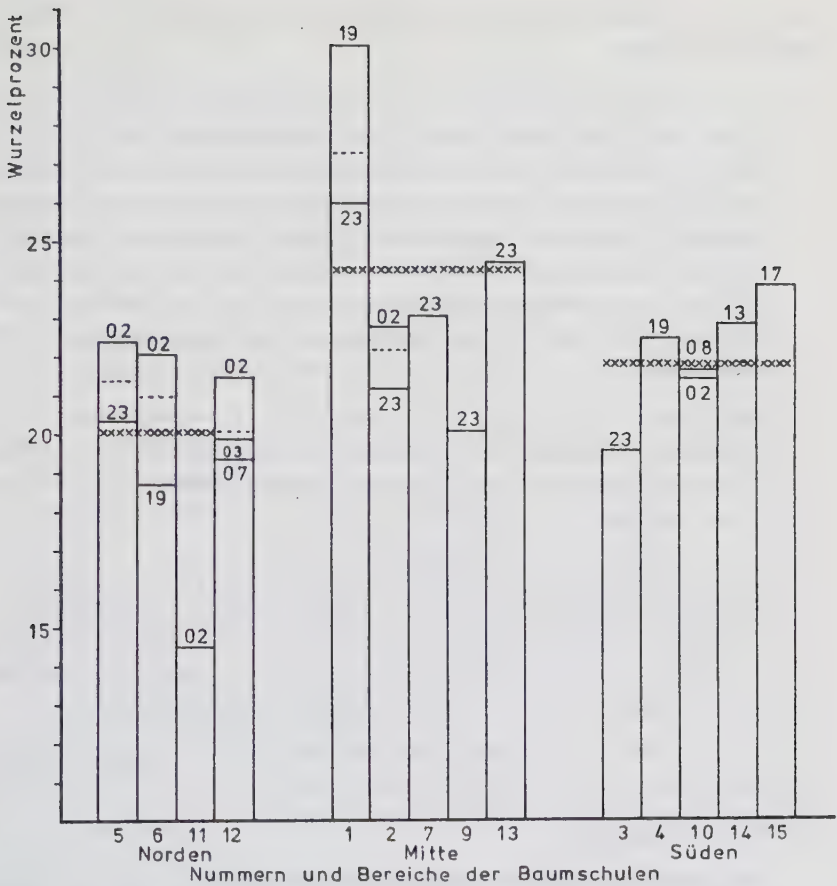


Abb. 20 : Darstellung des Wurzelprozentes in der Sproßhöhenstufe (41-50 cm) einzelner Herkünfte von 2+2 jährigen Fichtenpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte.

———— Mittelwert jeder Herkunft
 ----- Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

Vergleich der Mittelwerte der Merkmale in den Bereichen Norden, Mitte und Süden

A) Tab. 19 zeigt die Mittelwerte aller Merkmale in den drei oben genannten Bereichen. Jeder Altersstufe entspricht eine Sproßhöhenstufe. Jedoch muß erwähnt werden, daß die Altersstufe 2+0 nur aus Pflanzenherkünften aus den Bereichen Mitte und Süden bestand. Außerdem stammen die Pflanzen aus dem Bereich Mitte nur aus einer Baumschule und von nur einer Herkunft. Bei einem Vergleich zwischen den Bereichen Mitte und Süden wurde festgestellt, daß die am häufigsten vorkommende Sproßhöhenstufe (11-15 cm) im Süden in der Altersklasse 2+0 lag.

Jedoch existierten aus dem Bereich Mitte keine Pflanzen in dieser Sproßhöhenstufe. Aus diesem Grund konnten die Mittelwerte der Merkmale in diesen beiden Bereichen nicht miteinander verglichen werden.

Andererseits ist zu betonen, daß der Vergleich von Pflanzen dieser Altersstufe in den Sproßhöhenstufen von geringerer Häufigkeit keine signifikanten Unterschiede aufwies.

In Abschnitt 1.2.3.4 wurde die Einteilung beider Baumarten (Fichte und Kiefer) in Sproßhöhenstufen begründet.

Der mit dem t-Test durchgeführte Vergleich der Mittelwerte zeigt in Tab. 19 folgende Sachverhalte:

Altersstufe 2+0

Der Vergleich zeigte bei allen Merkmalen keinerlei Unterschiede.

Altersstufe 2+1

- a) Zwischen den Bereichen Norden/Mitte und Norden/Süden bestand lediglich für das Merkmal Wurzelprozent ein signifikanter Unterschied (1 % Überschreitungswahrscheinlichkeit). Hier ist darauf hinzuweisen, daß die Mittelwerte der Bereiche Mitte und Süden größer waren als die Mittelwerte des Bereiches Norden.
- b) Der Vergleich der übrigen Merkmale - Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrocken-

gewicht zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Altersstufe 2+2

- a) Zwischen den Bereichen Norden und Mitte - und auch da nur für das Merkmal Wurzelprozent - ergab sich beim Vergleich der Mittelwerte ein signifikanter Unterschied (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit). Hier ist zu bemerken, daß dieser Unterschied den Bereich Mitte begünstigte, da dort die höheren Werte ermittelt wurden. In diesem Punkt entspricht das Ergebnis Berechnungen des Wurzelprozents, die mit den bei AKSOY (1965) gefundenen Werten von Pflanzen- und Wurzelgewicht durchgeführt wurden.
 - b) Der Vergleich der übrigen Merkmale wie Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht zeigte keine signifikanten Unterschiede.
- B) Wie aus den Abb. 16 - 20 hervorgeht, fanden sich aufschlußreiche Ergebnisse bezüglich der einzelnen Merkmale in den Sproßhöhenstufen. Einige dieser Ergebnisse bei der Fichte - Altersstufe 2+2 und Sproßhöhenstufe 41 - 50 cm - werden im folgenden beschrieben:

Bereich Norden

Beim Wurzelprozent zeigten die Pflanzen der Herkunft 84002, mit Ausnahme derjenigen aus Baumschule 11, höhere Werte als die Mittelwerte des Bereiches.

Innerhalb dieser Sproßhöhenstufe wurden für die Baumschulen 5, 6 und 11 in der erwähnten Herkunft höhere Werte für den Wurzelhalsdurchmesser ermittelt als in den übrigen Herkünften dieser Baumschulen. Folglich besaßen die Pflanzen auch eine höhere Stufigkeit. Auch diese Pflanzen zeigten höhere Wurzelprozentwerte.

Die Herkünfte 84023 und 84019 aus Baumschule 5 bzw. 6 hatten annähernd dieselbe Sproßhöhe, jedoch zeigte Herkunft 84023 höhere Werte für die Merkmale Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent als Herkunft 84019. Die Pflanzen aus Herkunft 84023 sind auch stu-

figer. Bei einem Vergleich der Baumschulen 11 und 12 wiesen die Pflanzen aus Herkunft 84002 in dieser Sproßhöhe (41 - 50 cm) einen Unterschied in ihrem Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelhalsdurchmesser auf. Die Herkunft 84002 zeigte in Baumschule 11 bei diesen Merkmalen höhere Werte als in Baumschule 12. Insbesondere gilt das für das Wurzeltrockengewicht und hauptsächlich für das Pflanzentrockengewicht. Das Wurzelprozent dagegen war bei diesen Pflanzen wesentlich geringer als bei den Pflanzen aus Baumschule 12. Da gleiche Sproßhöhenstufen verglichen wurden, ergab sich aufgrund des größeren Wurzelhalsdurchmessers auch eine größere Stufigkeit für die Pflanzen in Baumschule 11.

Bereich Mitte

Trotz des Vergleichs innerhalb der gleichen Sproßhöhenstufe (41 - 50 cm) bestehen bei der Herkunft 84023 bei den Durchschnittswerten der Merkmale Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Baumschulen. Die Pflanzen aus dieser Herkunft in Baumschule 13 zeigten hohe Werte für den Wurzelhalsdurchmesser, folglich auch eine hohe Stufigkeit. Auch ergaben sich hohe Werte für Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht, die Wurzelprozentante entsprachen allerdings dem Mittelwert für den Bereich.

Bereich Süden

Die Baumschulen 3,4 und 15 zeigten die geringste Stufigkeit sowie die niedrigsten Werte von Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht im ganzen Bereich. Mit relativ hohen Wurzelprozentwerten des Bereichs ist Baumschule 15 eine Ausnahme unter diesen dreien. Die Baumschulen 10 und 14 zeigten entgegengesetzte Werte, d.h. höhere Stufigkeit und höhere Werte für die Merkmale Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht. Ein Vergleich mit der gleichen Herkunft war in den Baumschulen dieses Bereichs nicht möglich, da jede Baumschule eine andere Herkunft führte.

C) Eine nähere Betrachtung der erwähnten Abb. (16 - 20) bestätigt,

daß innerhalb des gleichen Bereiches - vielleicht mit Ausnahme der Unterschiede in den Wurzelprozentwerten der Baumschulen 1 und 2 (Bereich Mitte) - keine signifikanten Unterschiede in den Durchschnitten der Baumschulen auftraten.

- D) Wenn man diese Abbildungen noch weiter analysiert, stellt man einige große Unterschiede in den Durchschnitten einer gleichen Herkunft im gleichen Bereich fest. Es ist zu betonen, daß diese Unterschiede innerhalb der gleichen Herkünfte auftreten. Zur Verdeutlichung dieser Abweichungen wurde folgende Tabelle (Nr. 21) aufgestellt:

Tab. 21 : Baumschulen und Herkünfte, die innerhalb des gleichen Bereiches große Unterschiede in den einzelnen Merkmalen aufweisen:
Sproßhöhenstufe 41-50 cm

<u>Merkmale</u>	<u>Baumschule</u>	<u>Herkünfte</u>	<u>Bereiche</u>
Wurzelhals- durchmesser	11 und 12	84002	Norden
	9 und 13	84023	Mitte
	7 und 9	84023	Mitte

Stufigkeit	11 und 12	84002	Norden
	9 und 13	84023	Mitte
	7 und 9	84023	Mitte

Wurzeltrocken- gewicht	9 und 13	84023	Mitte
	7 und 9	84023	Mitte

Pflanzentrocken- gewicht	11 und 12	84002	Norden
	9 und 13	84023	Mitte

Wurzelprozent	11 und 12	84002	Norden
	1 und 9	84023	Mitte

Vergleich zwischen den Bereichen Norden/ (Mitte + Süden)

Tab. 20 zeigt die in einem Wert zusammengefaßten Mittelwerte der Merkmale der Bereiche Mitte und Süden. Damit ermöglicht diese Tabelle einen Vergleich des norddeutschen Küstengebietes (ozeanischer Bereich) mit dem süddeutschen Binnenland. Der mit dem t-Test durchgeführte Vergleich ergab folgende Sachverhalte:

Altersstufen 2+1 und 2+2:

- a) Der Vergleich der Merkmale Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht ergab keine signifikanten Unterschiede.
- b) Als einziges Merkmal zeigte das Wurzelprozent eine signifikante Abweichung. Für die Altersstufe 2+1 konnte der Unterschied mit 1 % Überschreitungswahrscheinlichkeit, für die Altersstufe 2+2 mit 5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit abgesichert werden. In beiden Fällen waren die höheren Werte im Binnenland zu finden.
- c) Nur in diesem Punkt entspricht das Ergebnis Berechnungen des Wurzelprozents, die mit den bei AKSOY (1965) gefundenen Werten von Pflanzen- und Wurzelgewicht durchgeführt wurden.

1.2.4.2.2 Kiefer

Tab. 22 : Mittelwerte der Merkmale der Sproßhöhenstufen mit den meisten Pflanzen für die Bereiche Norden, Mitte und Süden
Kiefer

Höhen- stufe (cm)	Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	Wurzelhalsdurch- messer (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht		Wurzel- prozent
						Wurzel	pflanze	
6-10	1+0	Norden	8,45	2,40	3,52	0,14	0,72	19,44
		Mitte	7,65	1,92	3,98	0,13	0,61	21,31
		Süden	7,04	1,82	3,87	0,14	0,57	24,56
6-10	2+0	Mitte	8,64	3,09	2,80	0,39	2,00	19,50
		Süden	8,68	3,27	2,65	0,37	1,43	25,87
11-20	1+1	Norden	14,72	4,76	3,09	1,37	5,94	23,06
		Mitte	14,63	5,82	2,51	1,55	5,64	27,48
		Süden	13,58	5,06	2,68	1,20	5,16	23,26

Tab. 23 : Mittelwerte der Merkmale der Sproßhöhenstufen mit den meisten Pflanzen für die Bereiche Norden/ (Mitte + Süden) bzw. ozeanisch beeinflusster Bereich und Binnenland

Kiefer

Höhen- stufe (cm)	Alter	Bereich	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurch- messer (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanze	
6-10	1+0	Norden	8,45	2,40	3,52	0,14	0,72	19,44
		Mitte + Süden	7,42	1,88	3,95	0,13	0,60	21,67
11-20	1+1	Norden	14,72	4,76	3,09	1,37	5,94	23,06
		Mitte + Süden	14,25	5,54	2,57	1,42	5,46	26,01

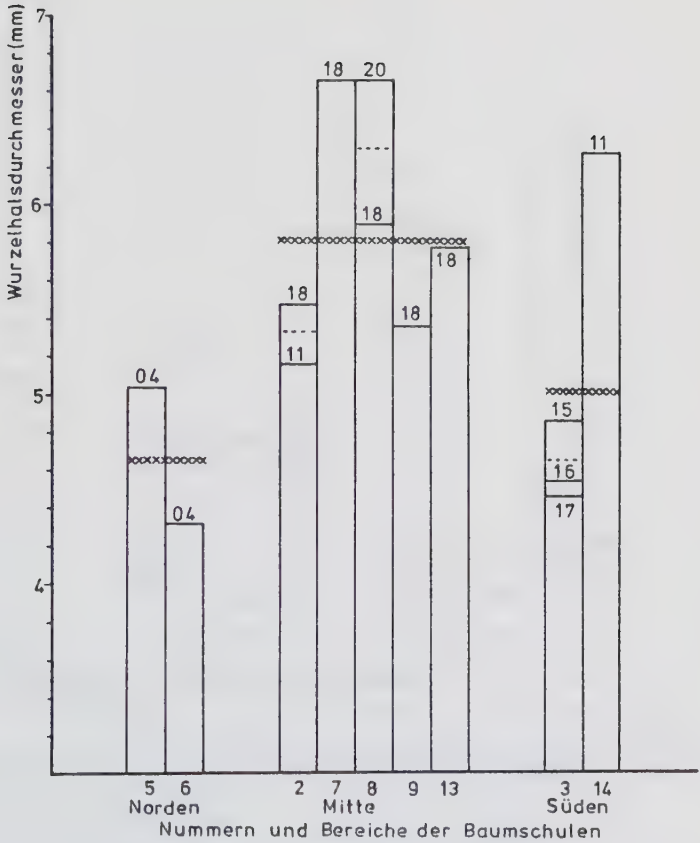


Abb. 21 : Darstellung des Wurzelhalsdurchmessers in der Sproßhöhenstufe (11 - 20 cm) einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

—————	Mittelwert jeder Herkunft
-----	Mittelwert jeder Baumschule
xxxxxxxxxx	Mittelwert jedes Bereiches

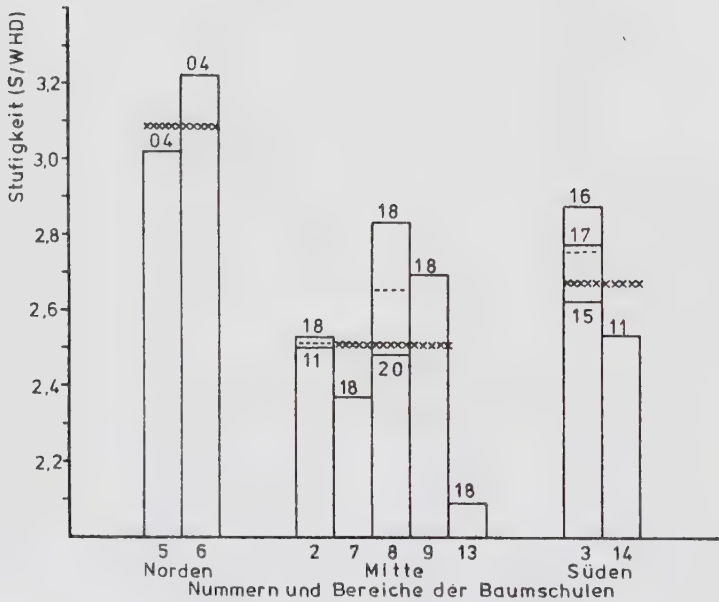


Abb. 22: Darstellung der Stufigkeit in der Sproßhöhenstufe (11 - 20 cm) einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

———— Mittelwert jeder Herkunft
----- Mittelwert jeder Baumschule
xxxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches
S = Sproßlänge
WHD = Wurzelhalsdurchmesser

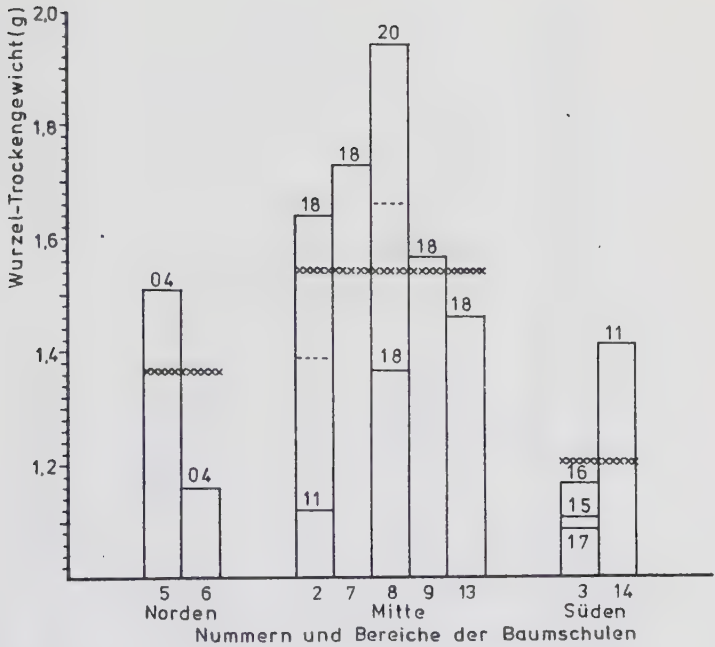


Abb. 23 : Darstellung des Wurzeltrockengewichtes in der Sproßhöhenstufe (11 - 20 cm) einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

————— Mittelwert jeder Herkunft
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 xxxxxxxx Mittelwert jedes Bereiches

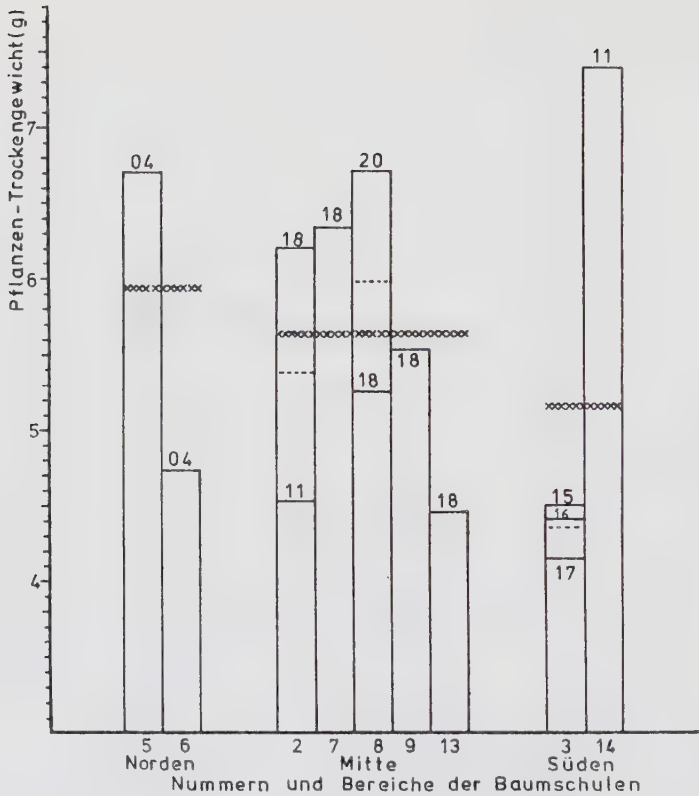


Abb. 24 : Darstellung des Pflanzentrockengewichtes in der Sproßhöhenstufe (11 - 20 cm) einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte

—————	Mittelwert jeder Herkunft
-----	Mittelwert jeder Baumschule
xxxxxxxxx	Mittelwert jedes Bereiches

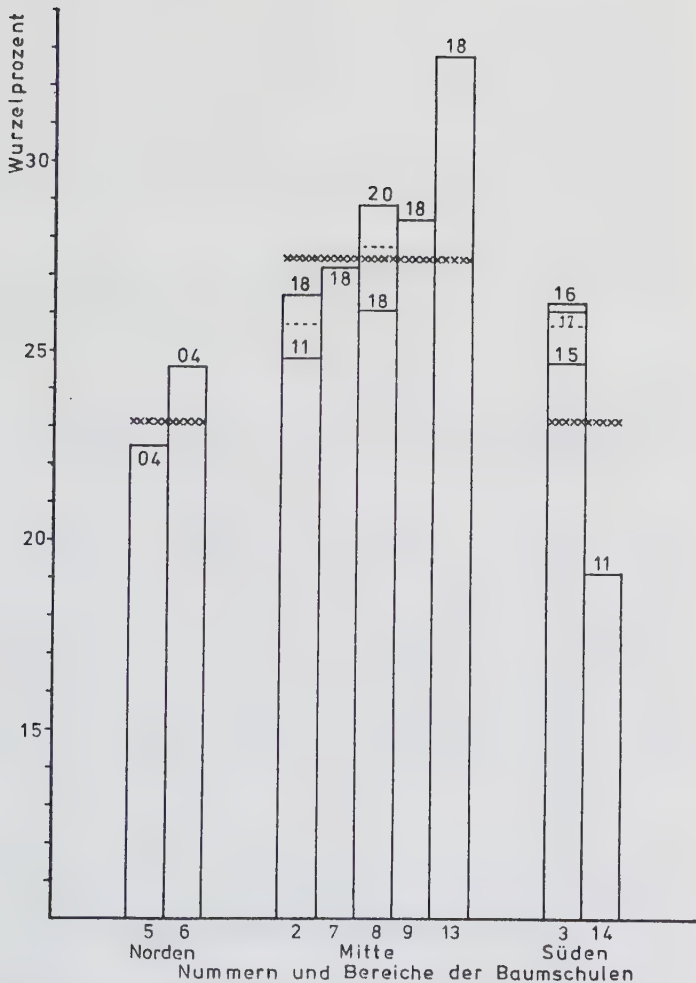


Abb. 25: Darstellung des Wurzelprozents in der Sproßhöhenstufe (11-20 cm) einzelner Herkünfte von 1+1 jährigen Kiefernpflanzen, geordnet nach Baumschulen und Bereichen. Die Zahlen an den Mittelwerten bezeichnen die Herkünfte.

————— Mittelwert jeder Herkunft
 - - - - - Mittelwert jeder Baumschule
 Mittelwert jedes Bereiches

Vergleich der Bereiche Norden, Mitte und Süden

A) Tab. 22 zeigt die Mittelwerte aller Merkmale in den drei oben erwähnten Bereichen. Jeder Altersstufe entspricht eine Sproßhöhenstufe. Eine Begründung für die Klassifikation der beiden Baumarten (Fichte und Kiefer) nach Sproßhöhenstufen wurde in Abschnitt 1.2.3.4 dieser Studie gegeben.

Der anhand des t-Testes durchgeführte Vergleich der Mittelwerte der Merkmale zeigt die in der folgenden Tabelle (24) dargestellten Ergebnisse.

Tab. 24: Ergebnisse der statistischen Absicherung beim Vergleich der Bereiche für die einzelnen Merkmale bei Kiefer im Alter 1+0 und 1+1. Die Signifikanzzeichen sind in der Zeile desjenigen Bereichs aufgeführt, der die jeweils höheren Werte hat

Alter	Vergleich zwischen den Bereichen	Wurzelhalsdurchmesser	Stufigkeit	Wurzeltrockengewicht	Wurzelprozent
1+0	Norden	**	NS	NS	
	Süden				*
1+1	Norden	NS		NS	NS
	Mitte		*		
	Mitte	NS	NS	*	*
	Süden				
2+0	Mitte	NS	NS	NS	
	Süden				*

Die Mittelwerte des Merkmals Pflanzentrockengewicht zeigten keine statistisch signifikanten Abweichungen. Vergleiche, die kei-

ne Unterschiede zwischen den Bereichen ergaben, sind im obigen Schema nicht festgehalten. Hier ist darauf hinzuweisen, daß bei dem Merkmal Wurzelhalsdurchmesser - im Gegensatz zu den Ergebnissen von AKSOY (1965) - der Bereich Norden den höheren Wert hatte. Jedoch verschwinden diese Unterschiede mit zunehmendem Alter der Pflanzen. Bei den übrigen Merkmalen, bei denen Unterschiede verzeichnet wurden, lagen die höheren Werte in den Bereichen Mitte und Süden. So ist in den Altersstufen 1+0 und 2+0 bei dem Unterschied in den Wurzelprozentwerten (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) der Bereich Süden begünstigt, während die Unterschiede bei den Merkmalen Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Wurzelprozent (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) in der Altersstufe 1+1 den Bereich Mitte begünstigten.

- B) Die Analyse der Abb. 21- 25, die sich auf Kiefernpflanzen in der Altersstufe 1+1 und Sproßhöhenstufe 11 - 20 cm beziehen, verdeutlicht die relativ kleinen Unterschiede in den untersuchten Merkmalen Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent.
- C) In den Baumschulen standen nicht genügend Herkünfte zur Verfügung, so daß es nicht möglich war, die Durchschnitte mehrerer Herkünfte in jeder Baumschule zu ermitteln. Lediglich zwischen den Herkünften aus den Baumschulen 2 und 8 (Bereich Mitte) war ein Vergleich der Durchschnitte möglich. Der Vergleich dieser beiden Durchschnitte zeigte, daß zwischen ihnen kein Unterschied besteht. Die Durchschnittswerte aller untersuchten Merkmale entsprechen etwa dem Mittelwert des Bereiches.
- D) Die Analyse der erwähnten Abb. (21 - 25) ergab beim Vergleich der Durchschnitte der Herkünfte einige Abweichungen innerhalb des gleichen Bereichs. Dies wird in der Tab. 25 verdeutlicht:

Tab. 25: Baumschulen und Herkünfte, die innerhalb des gleichen Bereichs Unterschiede in den einzelnen Merkmalen aufwiesen.

Sproßhöhenstufe 11 - 20

<u>Merkmale</u>	<u>Baumschule</u>	<u>Herkünfte</u>	<u>Bereiche</u>
Wurzelhalsdurchmesser	7 und 9	85118	Mitte
	5 und 6	85104	Norden
Stufigkeit	8 und 13	85118	Mitte
Wurzeltrockengewicht	5 und 6	85104	Norden
	7 und 8	85118	Mitte
Pflanzentrockengewicht	5 und 6	85104	Norden
	7 und 13	85118	Mitte
Wurzelprozent	8 und 13	85118	Mitte

Herkunft 85104 aus Baumschule 5 (Bereich Norden) besaß außer einer höheren Stufigkeit auch höhere Werte für Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht als die gleiche Herkunft aus Baumschule 6 in dem selben Bereich. Allerdings waren die Durchschnitte des Merkmals Wurzelprozent in Baumschule 6 höher.

Im Bereich Mitte zeigte die Herkunft 85118 aus Baumschule 8 höhere Werte für das Merkmal Wurzelhalsdurchmesser als die gleiche Herkunft aus den übrigen Baumschulen des Bereichs. Jedoch ist zu erwähnen, daß diese Herkunft die geringste Stufigkeit sowie geringere Werte für die Merkmale Wurzeltrockengewicht und Wurzelprozent aufwies.

Vergleich der Bereiche Norden / (Mitte+Süden)

Tab. 23 zeigte die in einem Wert zusammengefaßten Mittelwerte der Merkmale der Bereiche Mitte und Süden. Damit ermöglicht

diese Tabelle einen Vergleich des norddeutschen Küstengebietes (ozeanischer Bereich) mit dem süddeutschen Binnenland. Der mit Hilfe des t-Tests durchgeführte Vergleich ergab folgende Sachverhalte:

Altersstufe 1+0:

- a) Der Vergleich des Merkmals Wurzelhalsdurchmesser in diesen beiden Bereichen zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit).
- b) Der obengenannte Unterschied begünstigt den Bereich Norden, was den Ergebnissen von AKSOY (1965) widerspricht.
- c) Die übrigen Merkmale - Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent - zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede in ihren Mittelwerten.

Altersstufe 1+1:

- a) Der Vergleich der Merkmale Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent zeigte keine signifikanten Unterschiede.
- b) Als einziges Merkmal zeigte die Stufigkeit einen signifikanten Unterschied (5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit). Dieser Unterschied begünstigt den Bereich (Mitte + Süden).

Die Analyse der Resultate läßt die Schlußfolgerung zu, daß die geschilderten Unterschiede mit zunehmendem Alter und größeren Dimensionen der Pflanzen verschwinden.

1.2.5 Schlußfolgerungen

Wie bereits in Abschnitt 1.2.1 erwähnt, war das Hauptziel dieses ersten Teils der vorliegenden Studie zu untersuchen, welchen Einfluß die Umwelt auf die Anzucht von Fichten- und Kiefern-pflanzen in den Baumschulen hat. Dabei war besonders eine Aussage von AKSOY (1965) zu überprüfen. Nach diesem Autor übt das Klima in den verschiedenen Bereichen Deutschlands (ozeanischer Bereich im Norden und kontinentaler Bereich in der Mitte und im

Süden) einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung der Jungpflanzen bei den beiden erwähnten Baumarten aus. AKSOY vertritt die Auffassung, daß die Fichtenpflanzen, die im norddeutschen Küstengebiet aufgezogen werden, in ihrer Entwicklung den im west- und süddeutschen Binnenland aufgezogenen Pflanzen überlegen sind. Diese Überlegenheit äußere sich in prozentual hohen Werten bei den Merkmalen Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser. Die Werte lagen noch beträchtlich höher vor allem für das Merkmal Pflanzengewicht, aber auch für das Merkmal Wurzelgewicht. Der Autor führt weiter aus, daß sich bei den Kiefernpflanzen dieses Verhältnis umkehre, wobei die Werte jedoch nicht so außerordentlich differenzieren. In erster Linie begünstige der Unterschied in den Mittelwerten der Bereiche das Wurzelgewicht und in zweiter Linie das Pflanzengewicht, wobei die sich auf den Sproß beziehenden Merkmale nur eine geringe Mehrleistung zeigen.

Die Ergebnisse aus den Pflanzenstichproben der vorliegenden Untersuchung lassen den Schluß zu, daß AKSOYs(1965) Aussagen nicht zutreffen. Nach den vorliegenden Resultaten dieser Studie bestehen bei den Fichtenpflanzen keine statistisch signifikanten Unterschiede für die Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht zwischen den Bereichen. Die drei Bereiche (Norden, Mitte, Süden) sind somit gleichwertig. Die einzigen Unterschiede wurden für das Merkmal Wurzelprozent festgestellt und sprachen in allen Fällen zugunsten der Bereiche Mitte und Süden. Die Wurzelprozente, die aus den von AKSOY (1965) angegebenen Werten errechnet wurden, zeigten das gleiche Ergebnis.

Bei den Kiefernpflanzen ergaben sich für die Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent statistisch signifikante Unterschiede, jedoch nur in der Altersstufe 1+0.

Trotz dieser Unterschiede bei den beiden zuerst erwähnten Merkmalen konnte hier kein statistisch signifikanter Unterschied in der Stufigkeit nachgewiesen werden. Die erwähnten Unterschiede sind bei den Pflanzen der Altersstufe 2+0 und 1+1 nicht mehr zu beobachten. Es ist darauf hinzuweisen, daß die Unterschiede zugunsten des Bereiches Norden ausfielen, was den Folgerungen AK-

SOYs (1965) widerspricht. Eine Ausnahme bildete das Merkmal Wurzelprozent, dessen Mittelwert das Binnenland begünstigte.

Aus den in Abschnitt 1.2.3.4 erwähnten Gründen wurden die Stichproben in Sproßhöhenstufen eingeteilt. Die Mittelwerte der am häufigsten auftretenden Sproßhöhenstufe wurde innerhalb der drei Bereiche miteinander verglichen. Für die Fichtenpflanzen ergab der Vergleich nur für das Merkmal Wurzelhalsdurchmesser einen signifikanten Unterschied und auch hier nur in den Altersstufen 2+1 und 2+2. Diese Unterschiede begünstigten die Bereiche Mitte und Süden, was im Widerspruch zu den Aussagen AK-SOYs (1965) steht.

Bei den Kiefernpflanzen traten die statistisch signifikanten Unterschiede bei den Merkmalen Wurzelhalsdurchmesser und Wurzelprozent in der Altersstufe 1+0 auf. Bei dem zuerst erwähnten Merkmal war dieser Unterschied in den Altersstufen 2+0 und 1+1 nicht mehr zu beobachten. Allerdings wurden in diesen beiden Altersstufen Unterschiede bei den Merkmalen Stufigkeit und Wurzelgewicht festgestellt, wobei diese Mittelwerte den Bereich Mitte begünstigten. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von AKSOY (1965).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Klima innerhalb des Untersuchungsgebietes die Entwicklung von Jungpflanzen der Baumarten Fichte und Kiefer nicht wesentlich beeinflußt. Eine solche Beeinflussung ist eher durch die Behandlung der Pflanzen in der jeweiligen Baumschule bedingt, z.B. Bodenart, Zeitpunkt der Verschulung, Düngung usw. (siehe Abschnitt 1.1).

2 Untersuchungen über den Wasserhaushalt von verschiedenen Koniferenpflanzen

2.1 Theoretische Grundlagen

Bis jetzt sind die physiologischen Qualitätsmerkmale der Pflanzen nur unzureichend untersucht und relativ wenige Autoren haben sich mit diesem Thema eingehend beschäftigt.

Nach SCHMIDT-VOGT (1975) können folgende physiologische Qualitätsmerkmale der Pflanzen unterschieden werden:

- a) Ernährungszustand, insbesondere in seinem Einfluß auf Resistenzeigenschaften der Pflanze
- b) Frischezustand
 - Wassergehalt und in Relation dazu Wasserpotential bzw. Saugspannung der Nadeln bzw. der Blätter.

In den letzten Jahren ist es gelungen eine einheitliche Terminologie aufzustellen, mit deren Hilfe der Wasserzustand der Pflanze eindeutig charakterisiert werden kann. Als Kern dieser Terminologie gilt der Begriff "Wasserpotential". Darunter versteht man die Differenz zwischen der freien Energie von Wasser in einem System (Boden, Pflanzengewebe) und der freien Energie von reinem Wasser bei derselben Temperatur und demselben Druck.

Da die freie Energie des Wassers im System durch osmotische und kapillare Kräfte gebunden wird, kann für das Wasserpotential folgende Formel aufgestellt werden (KRAMER 1969):

$$-\Psi_w = \Psi_p - \Psi_s - \Psi_m$$

wobei: Ψ_w = Gesamtwasserpotential (negativ)

Ψ_p = Turgordruck (positiv)

Ψ_s = osmotisches Potential des Xylemsaftes (negativ)

Ψ_m = Matrixpotential (negativ)

Diese Formel gilt für die pflanzliche Zelle.

Die ökologische Betrachtungsweise befaßt sich nicht mit der Einzelzelle sondern mit der Pflanze als Ganzes. Dabei spielt die Modellvorstellung des sogenannten Boden-Pflanze-Atmosphäre Kontinuums, in dem die Pflanze als Verbindungsglied zwischen

Boden und Atmosphäre angesehen wird, eine wichtige Rolle. In diesem Kontinuum fließt Wasser immer entlang eines Potentialgefälles (in der Regel vom Boden durch das Xylem der Pflanze in die Atmosphäre).

Für die Größe Xylemwasserpotential gilt folgende Formel (DUHME und RICHTER, 1977):

$$\psi_w = \pi + P$$

ψ_w = Xylemwasserpotential

π = osmotischer Druck

P = hydrostatischer Druck (Turgor)

Die genaue Kenntnis des Xylemwasserpotentials hat eine weitreichende Bedeutung für die Beurteilung von physiologischen Vorgängen in der Pflanze. So hängen Reaktionen wie Bewegungen der Schließzellen, Photosynthese, Diffusionswiderstände der Blätter und andere Erscheinungen mit dem Wasserpotential eng zusammen (RITCHIE und HINCKLEY 1975).

In der Forstwissenschaft wurde das Xylemwasserpotential für die Beurteilung des Frischezustandes und des Verpflanzungsschocks herangezogen (LIPTAK, 1970; MIKUSKA, 1972; von LÜPKE, 1973a,b; HAVRANEK 1975; RUETZ, 1976; PARVIAINEN, 1979; von LÜPKE 1979 u.a.). Weitere Anwendungen finden sich z.B. bei UNGER (1975) -Ermittlung des Wasserpotential-Grenzwertes, dessen Überschreitung unverpflanzte Fichten nicht überleben-, GLATZEL (1973) -Beurteilung des Ernährungszustandes von Fichtepflanzen-, HALBWACHS (1970) -Beurteilung der Immissionsschädigung von Waldbäumen. Diese Reihe ließe sich fortsetzen.

Die Meßergebnisse des Xylemwasserpotentials wurden in der vorliegenden Arbeit nicht mit negativen Werten dargestellt, da das negative Vorzeichen leicht zu sprachlichen Mißverständnissen und Unklarheiten führt (SPANNER, 1973). Die Meßergebnisse wurden in Graphiken veranschaulicht. Dabei entspricht eine Graphik den an einem Tage durchgeführten Messungen.

2.2 Methode zur Bestimmung des Xylemwasserpotentials

Eine praktische Apparatur zur Bestimmung des Xylemwasserpotentials entwickelten SCHOLANDER et al. (1964) - die sogenannte Scholander-Druckkammer.

Nach DUHME und RICHTER (1977) basiert die Druckkammer-Methode auf folgenden Überlegungen:

" Eine intakte Pflanze steht unter dem Außendruck der Luft von + 1 atm, der durch die Interzellularen an die Einzelzellen herangetragen wird. Im Xylem hingegen herrscht der eben besprochene negative Innendruck. Trennt man einen Sproß oder ein Blatt ab, so ändert dies die Druckverteilung in diesem Organ völlig. An der Schnittstelle wirkt nun auf den Xylemquerschnitt statt des negativen Druckes im intakten System der positive Atmosphärendruck. Diese Aufhebung der Druckunterschiede führt zu einer Neuverteilung des Wassers. Elastisch deformierte Leitelemente können sich entspannen, und die lebenden Zellen, die direkt oder über den extrafaszikulären Leitweg der Zellwände mit dem Xylemwasser verbunden sind, können sich bis zu einem neuen Gleichgewicht aufsättigen. Dadurch wird Wasser von der Schnittstelle entfernt; um es wieder dorthin zurückzubringen, muß die ursprüngliche Druckdifferenz zwischen Xylem und Außenwelt wieder hergestellt werden. Dies kann so bewerkstelligt werden, daß man den Druck in der Gasphase erhöht, welche das abgeschnittene Organ umgibt, während man die Schnittfläche weiter unter Atmosphärendruck beläßt. Der Pflanzenteil wird dazu in einem Druckkessel einem Überdruck von Preßluft oder Preßstickstoff ausgesetzt, die Schnittfläche ragt ins Freie. Man beobachtet sie mit einer Lupe oder einem Mikroskop und bestimmt mit einem Manometer den Druck im Kessel, der sogenannten Druckkammer, der das Wasser eben wieder aus den aufgeschnittenen Gefäßen austreten läßt. Man kann zeigen, daß der aufzuwendende Außendruck numerisch dem negativen Xylemdruck vor dem Abschneiden entspricht."

Bei der eigentlichen Messung müssen einige Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden:

a) Die Zeit zwischen Probeentnahme und Messung muß so kurz wie

möglich gehalten werden.

- b) Der Druckanstieg in der Druckkammer sollte möglichst langsam erfolgen, da sonst die Gefahr von Ablesefehlern besteht.

2.3 Voruntersuchungen

Eigene Erfahrungen und die Ergebnisse anderer Autoren haben gezeigt, daß das Xylemwasserpotential innerhalb einer Pflanze starken Schwankungen unterworfen sein kann. Es wurden daher Voruntersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, eine Methodik zu entwickeln, die eine möglichst optimale Vergleichbarkeit von Messungen mehrerer Pflanzen ermöglicht.

Wichtig war in diesem Zusammenhang natürlich besonders die Frage nach dem Einfluß des Entnahmeortes der Probe auf die Höhe des Xylemwasserpotentials. Ein weiteres Problem bedeutete die Konservierung des Frischzustandes des gesammelten Materials.

Zuerst galten die Voruntersuchungen aber der Frage, ob das Xylemwasserpotential von Nadeln oder Zweigen bestimmt werden sollte.

2.3.1 Messung des Xylemwasserpotentials von Nadeln oder Zweigen

Beim Vergleich des Xylemwasserpotentials von Nadeln, die vom gleichen Zweig stammten, zeigten sich z.T. große Abweichungen. Dies wurde besonders bei höheren Werten (ca. ab 12 bar) festgestellt. Ein großer Teil der Abweichungen war sicherlich dadurch bedingt, daß die Nadeln von den bei der Untersuchung verwendeten Herkunftsnadeln z.T. sehr dünn und sehr kurz waren. Dadurch konnten folgende Fehlerquellen entstehen:

- a) Bei hohem Druck wurde oft eine Quetschung der dünnen Nadeln am Dichtungsring beobachtet. Dadurch konnte das Wasser nicht oder nur verspätet an der Schnittfläche austreten. Ein zu hoher Wert war die Folge.

- b) Die Druckkammer konnte nicht immer vollständig abgedichtet werden, so daß Gas an den Nadeln vorbeiströmte. Die damit verbundene Zunahme der Verdunstung führte ebenfalls zu höheren Werten.
- c) Bei den sehr dünnen Nadeln konnte man das Austreten von Harz leicht mit Wasser verwechseln.

Auf Grund der oben genannten methodischen Probleme bei Nadeln wurde für die Hauptuntersuchungen die Messung von Zweigen vorgezogen. Die Nachteile der Zweigmessung (z.B. die bei jungen Pflanzen sehr begrenzte Entnahme von Proben) konnte im Rahmen dieser Arbeit in Kauf genommen werden.

2.3.2 Schwankungen des Xylemwasserpotentials innerhalb einer Pflanze

a) Einfluß der Meßhöhe auf das Xylemwasserpotential

Um die Schwankungsbreite zu untersuchen wurden 10 Fichtenzweige ausgesucht. Die durchschnittliche Sproßhöhe betrug 78,7 cm. Alle ausgewählten Pflanzen wuchsen unter den gleichen Umweltbedingungen auf.

Von jeder Pflanze wurden 2 Zweige aus dem obersten und 2 Zweige aus dem untersten Quirl gemessen. Insgesamt wurden 40 Stichproben entnommen. Die Messungen begannen um 8 Uhr morgens und endeten um 18 Uhr abends. Dabei wurden innerhalb einer Stunde jeweils die Zweige einer Pflanze gemessen. Während des ganzen Tages war der Himmel bewölkt, so daß alle Pflanzen der gleichen Strahlungsintensität ausgesetzt waren. Wie Abb. 26 und Tab. 26 zeigen, haben die Zweige des oberen Quirls mit 2 Ausnahmen die niedrigeren Werte. Es ist also für vergleichende Messungen wichtig, daß man sich bei der Probenentnahme auf einen Quirl festlegt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde die Messung des obersten Quirls bevorzugt, da seine Zweige in der Regel die größeren Durchmesser aufwiesen. Dadurch konnte das an der Schnittfläche austretende Wasser leichter bestimmt werden.

b) Einfluß der Zweigordnung auf das Xylemwasserpotential

Die Messung verschiedener Zweigordnungen (aus gleichem Quirl) ergab eine leichte Zunahme des Xylemwasserpotentials mit steigender Zweigordnung. Für die Hauptuntersuchungen spielte dieses Ergebnis jedoch keine Rolle, da mit der Wahl des obersten Quirls für die Messungen gleichzeitig die Begrenzung der Probenentnahme auf die Zweige 1. Ordnung festgelegt war.

2.3.3 Erhaltung des Frischezustandes von Stichproben

Es entspricht den theoretischen Bedingungen der Druckkammertechnik, wenn die Zeit zwischen dem Abschneiden des Zweiges und der Messung möglichst kurz ist. Bei der Messung vieler Pflanzen kann man diese Bedingung aber nicht erfüllen, da wegen der Dynamik des Xylemwasserpotentials im Tagesverlauf alle Probezweige gleichzeitig abzuschneiden sind. Bei der damit notwendigen Aufbewahrung bis zur Messung müssen die Zweige vor zuviel Wasserverlust durch Transpiration geschützt werden.

Das bedeutet also, daß die Dampfdruckdifferenz zwischen Nadeln und Umgebungsluft, möglichst klein sein muß. Zu diesem Zweck wurde jeder Probezweig in einen Gefrierbeutel gesteckt und dabei soviel Luft wie möglich aus dem Beutel gepreßt. Alle Beutel wurden anschließend in einer Plastiktüte verstaut und dann im Kühlschrank aufbewahrt.

Die Zweckmäßigkeit dieser Maßnahmen wurde nach folgendem Schema untersucht: Zwei Zweige wurden sofort nach dem Abschneiden gemessen und anschließend in der oben beschriebenen Weise im Kühlschrank deponiert. In Abständen von jeweils 1 Stunde wurden die Zweige wieder gemessen. Insgesamt wurden auf diese Weise 60 Zweige untersucht. Dabei zeigte es sich, daß die Unterschiede zwischen der Messung vor und nach der Kühlschranksaufbewahrung nicht signifikant waren. Selbst 5 Stunden nach der Aufbewahrung im Kühlschrank war das Xylemwasserpotential nicht wesentlich gestiegen. Dieser Zeitraum war ausreichend für die Realisierung der anfallenden Messungen in den Hauptuntersuchungen.

Tab. 26: Tagesgang des Xylemwasserpentials der Zweige bei Jungfichtenpflanzen (bei bewölkttem Wetter)

Uhrzeit		8	9	10	11	12	14	15	16	17	18
Temperatur (°C)		3,9	6,3	11,0	11,3	13,2	13,2	13,4	14,2	14,0	13,8
Sproßhöhe (cm)		77	80	79	70	75	84	84	79	79	80
1	a	0,8	3,6	8,0	8,2	11,2	8,2	8,2	10,8	8,0	4,8
	b	0,8	2,8	10,0	8,8	10,0	7,8	9,0	10,4	8,0	4,4
Durchschnitt		0,8	3,2	9,0	8,5	10,6	8,0	8,6	10,6	8,0	4,6
XWP											
2	a	1,2	1,6	12,2	8,4	9,8	10,4	11,0	11,6	9,2	6,6
	b	1,2	2,2	12,2	9,2	10,0	9,6	10,8	13,4	9,2	8,6
Durchschnitt		1,2	1,9	12,2	8,8	9,9	10,0	10,9	12,5	9,2	7,6

XWP : Xylemwasserpontial (bar) 2 : Zweige aus dem unteren Quirl
1 : Zweige aus dem oberen Quirl a,b : Wiederholungen
Die innerhalb der einzelnen Stunden durchgeführten Untersuchungen beziehen sich immer auf eine und dieselbe Pflanze.

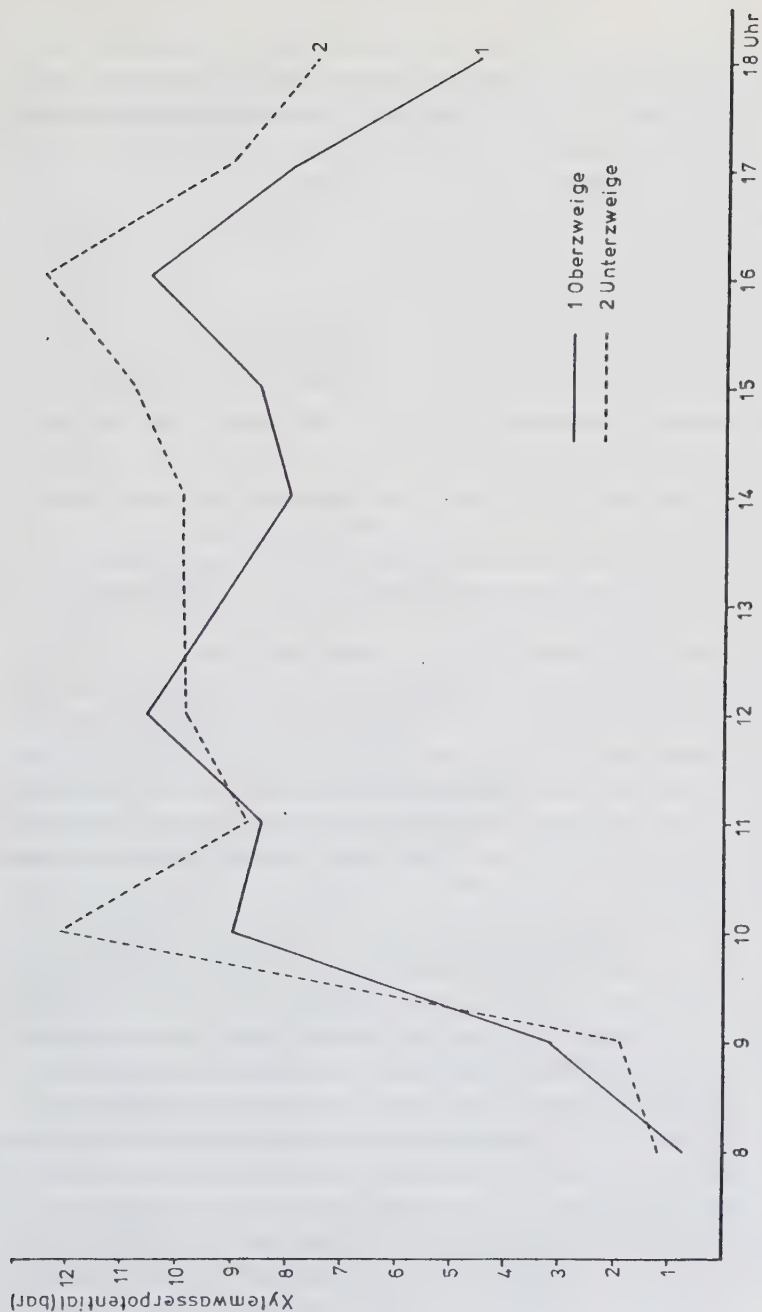


Abb. 26: Tagesgang des Xylemwasserpotentials von Zweigen junger Fichtenpflanzen

Für die Arbeiten im Freiland wurde anstatt des Kühlschranks (bei dem im Abschnitt 2.6 beschriebenen Experiment) eine Kühltasche verwendet, in der in Zeitung eingewickelte Eisblöcke lagen. Die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit waren ähnlich günstig wie im Kühlschrank.

2.4 Problemstellung

Folgende Fragen stehen seit jeher im Mittelpunkt des Interesses:

- A) Welche Eigenschaften müssen die Pflanzen besitzen, um eine bestmögliche Aufnahmefähigkeit für das Wasser aus dem Boden zu erreichen?
- B) Welche Eigenschaften müssen die Pflanzen besitzen, damit ihr Feuchtigkeitsverlust so gering wie möglich ist?

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Zusammenhang zwischen einigen morphologischen Merkmalen (Stufigkeit, Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser) sowie Anzuchtmethoden, die auf diese Merkmale Einfluß üben und den unter A) und B) erwähnten Eigenschaften zu finden. Es ist zu erwarten, daß diese Merkmale und Anzuchtmethoden einen großen Einfluß auf die Wasseraufnahmefähigkeit und den Austrocknungswiderstand ausüben. Bei Pflanzen, die diese Merkmale ausweisen, sind die Chancen einer erfolgreichen Pflanzung größer: geringeres Ausfallprozent und höhere Wuchsleistung.

Im Abschnitt 1.1 dieser Arbeit wurden die morphologischen Merkmale sowie die Anzuchtmethoden beschrieben, die einen Einfluß auf diese Merkmale ausüben. Schon seit einigen Jahren bestehen Normen für die Bestimmung der Pflanzenqualität. Diese berücksichtigen jedoch ausschließlich die morphologischen Gesichtspunkte. Andererseits ist nach physiologischem Gesichtspunkt sehr wenig über die Pflanzenqualität bekannt. Tatsächlich sind die Studien auf diesem Gebiet in der ganzen Welt relativ jung. Die Untersuchungen dieser Dissertation beschränken sich auf die Anzuchtmethoden: Dichte (Standraum) und Wurzelschnitt. Ziel dieser Untersuchungen war festzustellen, welchen Einfluß

die zitierten Anzuchtmethoden auf die unter Punkt A) und B) erwähnten Faktoren haben. Beide Problemkreise konnten leider nicht auf eine direkte Weise angegangen werden, wie BRAUN (1970, 1976, 1977), SCHMIDT (1975) und SCHMIDT et al. (1979a,b) dies tun. Viel mehr bot sich die für Freilanduntersuchungen praktikable Druckkammer-Methode an. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- a) Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen bei unterschiedlicher Lagerung und Austrocknungsdauer.
- b) Wasseraufnahmefähigkeit von 6- und 8-jährigen Tannen mit unterschiedlichem Wurzelschnitt.
- c) Wasseraufnahmefähigkeit von 6-jährigen Fichtenpflanzen in verschiedenen Standräumen.
- d) Die Bestimmung des Frischezustandes mit Hilfe des Turgors, dargestellt an einem 14-jährigen Fichtenbaum.

2.4.1 Kriterium für die Auswahl der für die Untersuchungen notwendigen Pflanzen

Die für die Messungen des Xylemwasserpotentials ausgewählten Pflanzen dürfen nur Dimensionen aufweisen, die innerhalb einer bestimmten Schwankungsbreite liegen. Offensichtlich bestehen für jedes Merkmal (Stufigkeit, Wurzelhalsdurchmesser und Sproßhöhe) verschiedene Begrenzungen. Aber es dürfte klar sein, daß das folgende Kriterium zur Bestimmung dieser Begrenzung für alle Merkmale das gleiche ist:

- 1) Von der Gesamtzahl der vorhandenen Pflanzen wurde eine repräsentative Anzahl als Stichprobe genommen.
- 2) Bei jeder Pflanze aus der Stichprobe wurden die erwähnten morphologischen Merkmale gemessen.
- 3) Die statistische Auswertung der Messungen ergab für jedes Merkmal Werte mit Normalverteilung (Gauss-Kurve).
- 4) Für jedes Merkmal wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen errechnet.
- 5) Die Hälfte des Wertes der Standardabweichung (unter- und

oberhalb des Mittelwertes) bildet die Grenze für die Schwankungsbreite eines jeden Merkmals.

- 6) Für die Untersuchungen wurden nur Pflanzen ausgewählt, deren Dimensionen innerhalb der für jedes Merkmal berechneten Schwankungsgrenzen lagen.

Pflanzen, deren Maße bei einem oder zwei Merkmalen innerhalb, bei einem dritten Merkmal jedoch außerhalb der Schwankungsgrenzen lagen, wurden aussortiert.

Die GAUSS-Kurve verdeutlicht das oben beschriebene Kriterium (siehe Abb. 27):

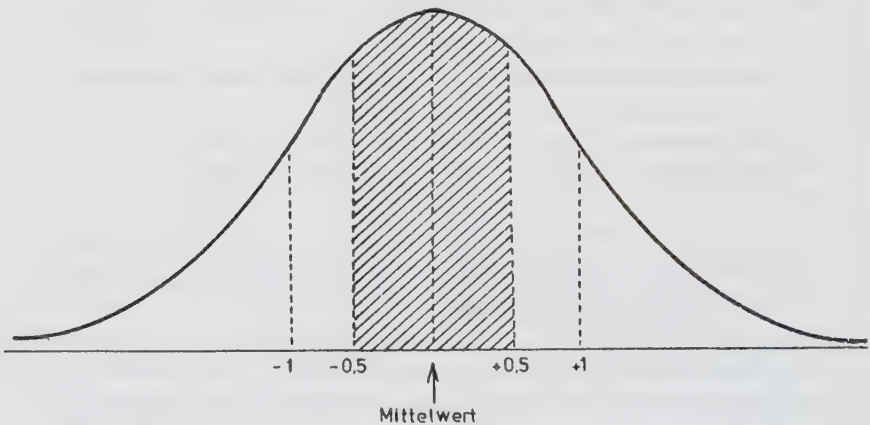


Abb. 27: Verdeutlichung der Bestimmung von Schwankungsgrenzen für jedes morphologische Merkmal ($\pm 0,5$ Standardabweichung).

Dieses Kriterium der Schwankungsgrenzen (bzw. Größenklassen für jedes Merkmal aufzustellen) war notwendig, um eine Verfälschung der Untersuchungsergebnisse zu vermeiden.

Beispiel:

- a) Wenn man den Einfluß des Standraumes auf die Wasseraufnahmefähigkeit (bei kleinen und bei großen Pflanzen) untersuchen will, kann das Untersuchungsergebnis sowohl durch den Standort als auch durch die Pflanzengröße beeinflusst werden.

- b) Pflanzen können einer bestimmten Austrocknung nicht widerstehen - nicht weil sie einer zu langen Trockenzeit ausgesetzt sind, sondern weil sie eine niedrige Stufigkeit besitzen.

2.5 Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen bei unterschiedlich langer Austrocknungsdauer

2.5.1 Material und Methoden

Es wurden Pflanzen der Art und des Alters, wie oben angegeben, verwendet und zwar nur von einer einzigen Herkunft. Das Kriterium, das zur Auswahl der Pflanzen aufgestellt wurde, war folgendes: Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser jeder 10. Pflanze in verschiedenen Reihen des Beetes wurden gemessen, bis zu einer Anzahl von 100 Pflanzen. Durch die Division dieser zwei morphologischen Merkmale erhält man den Wert der Stufigkeit jeder der gemessenen Pflanzen. Es wurde der Durchschnittswert der Stufigkeit errechnet. Dieses Vorgehen wurde in jeder Jahreszeit wiederholt, wobei verschiedene Durchschnittswerte entstanden. Die Auswahl der Pflanzen (in jeder Jahreszeit) wurde nach der Durchschnittsstufigkeit durchgeführt:

- A 1 - Pflanzen mit einem Stufigkeitsabsolutwert unter dem errechneten Durchschnitt.
A 2 - Pflanzen mit einem Stufigkeitsabsolutwert über dem errechneten Durchschnitt.

Da das Ziel war, das Verhalten der Pflanzen in verschiedenen Jahreszeiten zu studieren, wurde das Experiment zu folgenden Zeitpunkten wiederholt: Spätsommer 1978, Frühjahr und Sommer 1979.

Im Ganzen wurden 96 Pflanzen benützt, d.h. 32 zu jedem der angegebenen Zeitpunkte. Die Pflanzen wurden unterschiedlich lang ausgetrocknet. Das Xylemwasserpotential wurde nach der in der Voruntersuchung erarbeiteten Methodik gemessen.

Der Einfluß der Austrocknung auf den Wasserhaushalt und dessen

Regeneration nach der Verpflanzung wurden nach folgenden Gesichtspunkten beurteilt:

- a - Messungen des Xylemwasserpotentials sofort nach einer bestimmten Austrocknung. Diese Messungen wurden mit je einem Zweig aus dem untersten und einem Zweig aus dem obersten Quirl durchgeführt.
Die verschiedene Austrocknungsdauer wurde wie folgt bezeichnet:
 - B 0 Austrocknungsdauer: 0 Minuten (Kontrollpflanzen)
 - B 1 Austrocknungsdauer (nach Ausheben der Pflanzen):
von 15 bis 30 Minuten.
 - B 2 Austrocknungsdauer (nach Ausheben der Pflanzen):
von 60 bis 75 Minuten.
 - B 3 Austrocknungsdauer (nach Ausheben der Pflanzen):
von 120 bis 135 Minuten.
 - b - Messungen des Xylemwasserpotentials in verschiedenen Zeitabschnitten nach der Verpflanzung.
Im Spätsommer wurden die Messungen des Xylemwasserpotentials 62 Tage nach der Verpflanzung durchgeführt. Im Frühling und im Sommer nach 33 bzw. 17 Tagen. Es wurden dabei nur die Zweige des obersten Quirls gemessen, und zwar wurden die der südlichen Seite genommen.
 - c - Überlebensrate der Pflanzen.
Für jede Art des Experiments (z.B. A1 B0) wurden 4 Pflanzen ausgewählt, so daß 32 Pflanzen zu jeder Wiederholung des Experiments benötigt wurden.
- In allen 3 Jahreszeiten wurden die Zeitpläne der Aktivitäten festgesetzt, so wie es hier im Schema aufgezeichnet wird:
- a - Um 10 Uhr wurden die Zweige zur Behandlung B 0 gesammelt.
 - b - Um 10 Uhr 45 wurden alle 32 Pflanzen gleichzeitig aus dem Beet gezogen. Die 8 Pflanzen der Behandlung B 0 (bezogen auf A 1 und A 2) wurden sofort gepflanzt.
 - c - Die Pflanzen der übrigen Behandlungsarten wurden der Sonne ausgesetzt um auszutrocknen, nachdem jedoch ihre Wurzeln durch Schütteln von der Erde befreit wurden.
 - d - Nach den verschiedenen Austrocknungszeiten (wie oben auf-

geführt) wurden die Zweige gesammelt und die Pflanzen sofort wieder gepflanzt.

B 0 - Sofort nach Ausheben

B 1 - Von 11 Uhr bis 11 Uhr 15

B 2 - Von 11 Uhr 45 bis 12 Uhr

B 3 - Von 12 Uhr 45 bis 13 Uhr

Das Schema der Verpflanzung verdeutlicht Abb. 28.

	A 1				A 2				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
								* 30 *	
								cm	
B 0	*	*	*	*	*	*	*	*	* 30 cm
B 1	*	*	*	*	*	*	*	*	* 30 cm
B 2	*	*	*	*	*	*	*	*	* 30 cm
B 3	*	*	*	*	*	*	*	*	* 30 cm
									60 cm
B 0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
B 3	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Spätsommer
(5.9.78)

Frühling
(9.5.79)

Sommer
(11.7.79)

Abb. 28: Schema der Auspflanzung mit Angaben der Behandlungsart, Pflanzenverband und entsprechenden Daten.

2.5.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind nach den Jahreszeiten (Spätsommer, Frühling und Sommer) getrennt dargestellt. Die Tabellen zeigen die Einzel- und die Durchschnittswerte von Sproßlänge, Wurzelhalsdurchmesser und Stufigkeit (Quotient aus Sproßlänge und Wurzelhalsdurchmesser). Außerdem stellen diese Tabellen auch die Werte der Xylemwasserpotentialmessungen dar.

Die Ergebnisse der Messungen sind nach den Stufigkeiten (A 1 und A 2) und nach der Austrocknungsdauer (B 0, B 1, B 2 und B 3) zusammengestellt worden.

2.5.2.1 Spätsommer 1978

Die Messungen an 100 Pflanzen (siehe 2.5.1) zeigten eine durchschnittliche Stufigkeit von 5,61. Alle Pflanzen mit absoluten Stufigkeitswerten unter diesem Durchschnittswert wurden der Gruppe A 1 zugeordnet, die Pflanzen mit höheren absoluten Werten wurden der Gruppe A 2 zugeordnet.

Die folgenden Tabellen (27-30) enthalten die Ergebnisse der Messungen vom 5. 9.1978.

Tab. 27: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 62 Tage nach der Verpflanzung (Spätsommer 1978)

Stufigkeitsklasse A 1

Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Ø Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential			
					Nach Austrocknung			62 Tage n. Verpflanz. Oben
					Zweigentnahme		Durch- schnitt	
					Oben	Unten		
B 0	I	33	9	3,66	3,6	6,8	5,20	2,2
	II	48	10	4,80	3,0	4,6	3,80	1,8
	III	48	11	4,36	2,8	3,0	2,90	2,0
	IV	41	9	4,55	3,0	5,8	4,40	2,0
Durch- schnitt	-	42,50	9,75	4,35	3,10	5,05	4,08	2,00
B 1	I	43	9	4,77	19,2	21,5	20,35	2,7
	II	26	5	5,20	17,6	20,0	18,80	1,4
	III	39	8	4,87	20,2	22,0	21,10	1,7
	IV	58	12	4,83	17,0	17,8	17,40	1,2
Durch- schnitt	-	41,50	8,50	4,88	18,50	20,32	19,41	1,75
B 2	I	54	10	5,40	25,0	26,0	25,50	2,7
	II	50	10	5,00	19,5	25,0	22,25	1,4
	III	49	10	4,90	23,5	25,5	24,50	1,9
	IV	41	8	5,12	24,0	26,5	25,25	1,7
Durch- schnitt	-	48,50	9,50	5,10	23,00	25,75	24,38	1,92
B 3	I	49	12	4,08	19,5	21,0	20,25	3,2
	II	48	9	5,33	21,5	23,0	22,25	1,9
	III	51	12	4,25	24,0	26,5	25,25	2,7
	IV	53	12	4,41	23,5	28,0	25,75	3,4
Durch- schnitt	-	50,25	11,25	4,46	22,12	24,62	23,37	2,80

Tab. 28: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 62 Tage nach der Verpflanzung (Spätsommer 1978)

Stufigkeitsklasse A 2

Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Ø Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential		
					Nach Austrocknung		62 Tage n. Verpflanz. Oben
					Zweigentnahme	Durch- schnitt	
					Oben	Unten	
B 0	I	57	9	6,33	3,1	3,2	3,15
	II	52	8	6,50	2,6	3,4	3,00
	III	40	7	5,71	4,0	6,2	5,10
	IV	45	8	5,62	3,4	3,4	3,40
Durch- schnitt	-	48,50	8,00	6,06	3,28	4,05	3,66
B 1	I	40	7	5,71	20,4	21,0	20,70
	II	100	16	6,25	16,8	19,0	17,90
	III	73	12	6,08	17,4	19,2	18,30
	IV	47	8	5,87	14,8	16,0	15,40
Durch- schnitt	-	65,00	10,75	6,04	17,35	18,80	18,07
B 2	I	43	7	6,14	25,0	27,0	26,00
	II	45	7	6,42	25,5	27,0	26,25
	III	47	8	5,87	27,5	27,5	27,50
	IV	62	10	6,20	21,0	26,0	23,50
Durch- schnitt	-	49,25	8,00	6,15	24,75	26,88	25,81
B 3	I	49	8	6,12	27,0	30,0	28,50
	II	40	7	5,71	24,5	27,5	26,00
	III	43	7	6,14	23,0	27,0	25,00
	IV	47	7	6,71	27,5	28,5	28,00
Durch- schnitt	-	44,75	7,25	6,17	25,50	28,25	26,88

Tab. 29: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit), Xylemwasserpotential und Austrocknungsvariante (Spätsommer 1978).

Austrocknungsvariante	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufigkeit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durchschnitt
				Oben	Unten	
B 0	45,50	8,88	5,12	3,19	4,55	3,87
B 1	53,25	9,62	5,53	17,92	19,56	18,74
B 2	48,88	8,75	5,58	23,88	26,32	25,10
B 3	47,50	9,25	5,13	23,81	26,44	25,12

Tab. 30: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit), Xylemwasserpotential und Austrocknungsvariante (Spätsommer 1978)

Stufigkeitsklasse	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufigkeit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durchschnitt
				Oben	Unten	
A 1	45,69	9,75	4,68	16,68	18,94	17,81
A 2	51,88	8,50	6,10	17,72	19,50	18,61

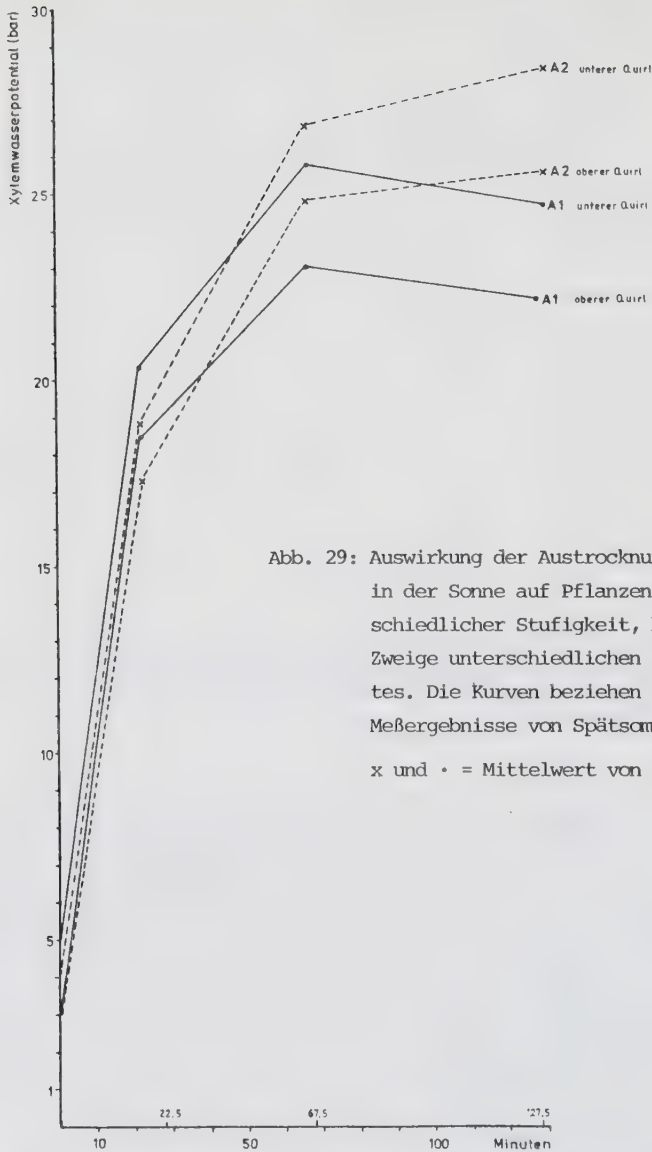


Abb. 29: Auswirkung der Austrocknungsdauer in der Sonne auf Pflanzen unterschiedlicher Stufigkeit, bzw. auf Zweige unterschiedlichen Entnahmeortes. Die Kurven beziehen sich auf die Meßergebnisse von Spätsommer 1978.

x und • = Mittelwert von 4 Pflanzen

Die Kurven in Abb. 29 zeigen das Verhalten der Pflanzengruppen mit unterschiedlicher Stufigkeit (A 1 und A 2). Ebenfalls zeigt sich ein unterschiedliches Verhalten je nach Entnahmeort der Zweige an den Pflanzen.

Die Überlebensrate (14 Monate nach der Verpflanzung festgestellt) war bei allen Varianten 100 %.

Anschließend ist die Varianzanalyse der Behandlungen (Tab. 31) dargestellt:

Tab. 31: Varianzanalyse der Ergebnisse von Spätsommer 1978

ART DER VARIATION	SS	FG	MS	F	SIGNIF von F
<u>KOVARIATES</u>	31278.103	3	10426.034	30.511	.000
STUFIGKEIT	29772.793	1	29772.793	87.127	.000
SPROSSHÖHE	21253.957	1	21253.957	62.197	.000
DURCHMESSER	23173.961	1	23173.961	67.816	.000
<u>HAUPTEFFEKT</u>	461863.219	4	115465.805	337.898	.000
AUSTROCKNUNGSDAUER	456766.508	3	152255.502	445.559	.000
ENTNAHMEORT	7433.904	1	7433.904	21.754	.000
<u>WECHSELWIRKUNG</u>	860.152	3	286.717	.839	.479
AUSTROCKNUNGSDAUER x ENTNAHMEORT	860.150	3	286.717	.839	.479
<u>ERKLÄRT</u>	494001.473	10	49400.147	144.564	.000
<u>RESTSTREUUNG</u>	18111.059	53	341.718		
<u>GESAMT</u>	512112.531	63	8128.770		

2.5.2.2 Frühling 1979

Die Messungen an 100 Pflanzen (siehe Abschnitt 2.5.1) zeigten eine durchschnittliche Stufigkeit von 5,26. Wie schon erwähnt wurden alle Pflanzen mit absoluten Stufigkeitswerten unter diesem Durchschnittswert der Gruppe A 1 zugeordnet, die Pflanzen mit höheren absoluten Werten der Gruppe A 2 zugeordnet.

Die folgenden Tabellen (32-35) enthalten die Ergebnisse der Messungen vom 9. 5.1979.

Tab. 32: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 33 Tage nach der Verpflanzung (Frühling 1979)

Stufigkeitsklasse A 1

Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Ø Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential			
					Nach Austrocknung			33 Tage n. Verpflanz.
					Zweigentnahme		Durch- schnitt	
					Oben	Unten		
B 0	I	25	7	3,57	6,2	7,2	6,70	2,2
	II	33	9	3,66	6,0	7,8	6,90	3,2
	III	37	8	4,62	5,1	5,6	5,35	3,5
	IV	51	11	4,63	5,8	7,4	6,60	0,7
Durch- schnitt	-	36,50	8,75	4,17	5,78	7,00	6,39	2,40
B 1	I	53	11	4,81	16,3	16,4	16,35	1,3
	II	33	8	4,12	19,1	21,1	20,10	1,6
	III	50	12	4,16	11,8	11,8	11,80	4,3
	IV	52	10	5,20	13,9	15,2	14,55	2,4
Durch- schnitt	-	47,00	10,25	4,58	15,28	16,12	15,70	2,40
B 2	I	52	10	5,20	17,5	29,5	23,50	1,0
	II	52	12	4,33	21,6	24,9	23,25	1,3
	III	33	8	4,12	23,6	20,4	22,00	2,2
	IV	38	8	4,75	21,3	22,5	21,90	2,1
Durch- schnitt	-	43,75	9,50	4,60	21,00	24,32	22,66	1,65
B 3	I	54	11	4,90	25,7	32,0	28,85	3,7
	II	53	12	4,41	23,5	26,8	25,15	3,1
	III	62	12	5,16	24,2	27,5	25,85	1,0
	IV	49	10	4,90	21,2	22,3	21,75	0,5
Durch- schnitt	-	54,50	11,25	4,84	23,65	27,15	25,40	2,08

Tab. 33: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 33 Tage nach der Verpflanzung (Frühling 1979)

Stufigkeitsklasse A 2								
Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential			
					Nach Austrocknung		33 Tage n.	
					Zweigentnahme		Durch- schnitt	Verpflanz.
					Oben	Unten		Oben
B 0	I	65	12	5,41	4,8	6,8	5,80	2,9
	II	61	11	5,54	6,2	8,1	7,15	3,2
	III	63	11	5,72	6,0	4,9	5,45	1,5
	IV	40	7	5,71	4,7	7,1	5,90	3,0
Durch- schnitt	-	57,25	10,25	5,58	5,42	6,72	6,07	2,65
B 1	I	54	9	6,00	13,0	20,7	16,85	3,0
	II	60	10	6,00	18,1	21,0	19,55	3,6
	III	65	11	5,90	11,2	19,7	15,45	4,5
	IV	62	11	5,63	18,2	20,5	19,35	2,8
Durch- schnitt	-	60,25	10,25	5,87	15,12	20,48	17,80	3,48
B 2	I	74	12	6,16	17,8	20,3	19,05	2,9
	II	71	11	6,45	21,7	24,5	23,10	3,8
	III	83	12	6,91	21,5	22,8	22,15	3,1
	IV	77	13	5,92	14,5	19,2	16,85	4,7
Durch- schnitt	-	76,25	12,00	6,35	18,88	21,70	20,29	3,62
B 3	I	91	13	7,00	21,2	28,6	24,90	5,4
	II	70	11	6,36	19,8	20,4	20,10	2,0
	III	85	12	7,08	27,3	28,9	28,10	1,4
	IV	69	12	5,75	22,9	21,8	22,35	2,7
Durch- schnitt	-	78,75	12,00	6,56	22,80	24,92	23,86	2,88

Tab. 34: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) Xylem-wasserpotential und Austrocknungsvariante (Frühling 1979)

Austrock- nungsva- riante	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durch- schnitt
				Oben	Unten	
B 0	46,88	9,50	4,93	5,60	6,86	6,23
B 1	53,62	10,25	5,23	15,20	18,30	16,75
B 2	60,00	10,75	5,58	19,94	23,01	21,48
B 3	66,62	11,62	5,73	23,22	26,04	24,63

Tab. 35: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit), Xylemwasserpotential und Stufigkeitsklassen (Frühling 1979)

Stufig- keits- klasse	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durch- schnitt
				Oben	Unten	
A 1	45,44	9,94	4,57	16,43	18,65	17,54
A 2	68,12	11,12	6,12	15,56	18,46	17,01

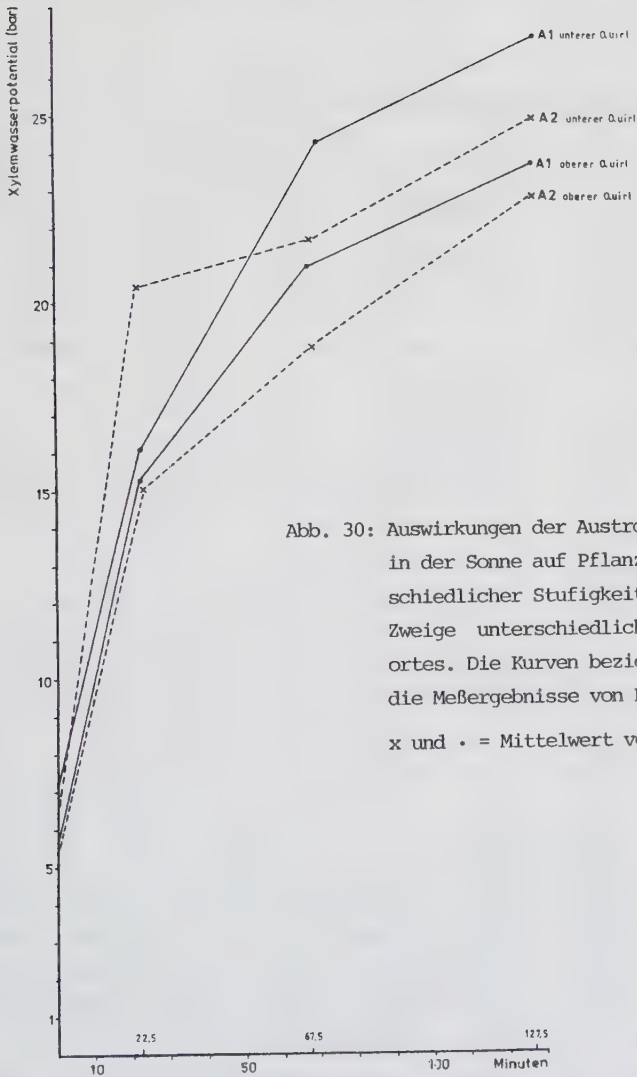


Abb. 30: Auswirkungen der Austrocknungsdauer in der Sonne auf Pflanzen unterschiedlicher Stufigkeit, bzw. auf Zweige unterschiedlichen Entnahmeortes. Die Kurven beziehen sich auf die Meßergebnisse von Frühling 1979.
x und • = Mittelwert von 4 Pflanzen

Die Kurven in Abb. 30 zeigen das Verhalten der Pflanzengruppen mit unterschiedlicher Stufigkeit (A 1 und A 2). Ebenfalls zeigt sich ein unterschiedliches Verhalten je nach Entnahmeort der Zweige an den Pflanzen.

Die Überlebensrate (6 Monate nach der Verpflanzung festgestellt) war bei allen Varianten 100 %.

Anschließend ist die Varianzanalyse der Behandlungen (Tab. 36) dargestellt:

Tab. 36: Varianzanalyse der Ergebnisse von Frühling 1979

ART DER VARIATION	SQ	FG	MS	F	SIGNIF von F
<u>KOVARIATES</u>	53584.743	3	17861.581	21.239	.000
STUFIGKEIT	949.604	1	949.604	1.129	.293
SPROSSHÖHE	2242.628	1	2242.628	2.667	.108
DURCHMESSER	230.114	1	230.114	.274	.603
<u>HAUPTEFFEKT</u>	269256.586	4	67314.146	80.044	.000
AUSTROCKNUNGSDAUER	258724.709	3	86241.569	102.551	.000
ENTNAHMEORT	10531.885	1	10531.885	12.534	.001
<u>WECHSELWIRKUNG</u>	924.176	3	308.059	.366	.778
AUSTROCKNUNGSDAUER x ENTNAHMEORT	924.175	3	308.058	.366	.778
<u>ERKLÄRT</u>	323765.504	10	32376.550	38.499	.000
<u>RESTSTREUUNG</u>	44570.914	53	840.961		
<u>GESAMT</u>	368336.418	63	5846.610		

2.5.2.3 Sommer 1979

Die Messungen an 100 Pflanzen (siehe Abschnitt 2.5.1) zeigten eine durchschnittliche Stufigkeit von 6,44. Alle Pflanzen mit absoluten Stufigkeitswerten unter diesem Durchschnittswert wurden der Gruppe A 1 zugeordnet, die Pflanzen mit höheren absoluten Werten der Gruppe A 2 zugeordnet.

Die folgenden Tabellen (37-40) enthalten die Ergebnisse der Messungen vom 11. 7.1979.

Tab. 37: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 17 Tage nach der Verpflanzung (Sommer 1979)

Stufigkeitsklasse A 1

Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Ø Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential			
					Nach Austrocknung		17 Tage n. Verpflanz.	
					Zweigentnahme		Durch- schnitt	Oben
					Oben	Unten		
B 0	I	61	12	5,08	4,0	2,7	3,35	19,2
	II	51	13	3,92	3,2	2,4	2,80	25,5
	III	54	10	5,40	5,9	9,2	7,55	22,9
	IV	83	14	5,92	2,3	2,3	2,30	25,3
Durch- schnitt	-	62,25	12,25	5,08	3,85	4,15	4,00	23,22
B 1	I	52	11	4,72	19,0	17,8	18,40	28,1
	II	91	19	4,78	17,1	17,5	17,30	33,9
	III	79	14	5,64	14,9	15,4	15,15	27,4
	IV	49	8	6,12	16,8	16,8	16,80	20,5
Durch- schnitt	-	67,75	13,00	5,21	16,95	16,88	16,92	27,48
B 2	I	51	10	5,10	21,0	18,1	19,55	33,0
	II	58	11	5,27	16,6	15,7	16,15	27,3
	III	105	17	6,17	12,9	15,8	14,35	30,6
	IV	70	11	6,36	19,2	17,1	18,15	28,6
Durch- schnitt	-	71,00	12,25	5,79	17,42	16,68	17,05	29,88
B 3	I	45	10	4,50	19,8	17,3	18,55	30,0
	II	43	10	4,30	16,3	17,6	16,95	31,8
	III	50	10	5,00	18,7	19,9	19,30	28,6
	IV	75	12	6,25	15,3	6,0	10,65	28,3
Durch- schnitt	-	53,25	10,50	5,07	17,52	15,20	16,36	29,68

Tab. 38: Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufikkeit) bei unterschiedlich langer Austrocknung. Gemessen wurde unmittelbar nach der Austrocknung und 17 Tage nach der Verpflanzung (Sommer 1979)

Stufikgkeitsklasse A 2

Aus- trock- nungs- varian- te	Pfl. No.	Sproß- höhe (cm)	Ø Wurzel- hals (mm)	Stufig- keit	Xylemwasserpotential			
					Nach Austrocknung			17 Tage n. Verpflanz. Oben
					Zweigentnahme		Durch- schnitt	
					Oben	Unten		
B 0	I	59	8	7,37	9,5	8,4	8,95	27,7
	II	46	7	6,57	7,8	8,4	8,10	15,4
	III	90	13	6,92	10,9	12,3	11,60	13,8
	IV	86	11	7,81	11,4	14,4	12,90	10,4
Durch- schnitt	-	70,25	9,75	7,20	9,90	10,88	10,39	16,82
B 1	I	85	13	6,53	18,5	21,1	19,80	25,9
	II	80	10	8,00	16,3	18,7	17,50	16,2
	III	94	14	6,71	13,8	19,1	16,45	21,9
	IV	55	8	6,87	17,1	18,7	17,90	18,1
Durch- schnitt	-	78,50	11,25	6,97	16,42	19,40	17,91	20,52
B 2	I	51	7	7,28	16,4	18,7	17,55	25,8
	II	45	6	7,50	19,3	25,3	22,30	23,6
	III	112	17	6,58	11,9	14,0	12,95	28,1
	IV	58	8	7,25	21,3	19,1	20,20	30,0
Durch- schnitt	-	66,50	9,50	7,00	17,22	19,27	18,25	26,88
B 3	I	81	10	8,10	13,4	14,4	13,90	35,2
	II	93	12	7,75	20,5	15,1	17,80	34,2
	III	80	10	8,00	19,9	16,8	18,35	23,0
	IV	110	16	6,87	17,4	20,0	18,70	32,0
Durch- schnitt	-	91,00	12,00	7,58	17,80	16,68	17,24	31,12

Tab. 39: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit) Xylemwasserpotential und Austrocknungsvariante (Sommer 1979)

Austrocknungsvariante	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufigkeit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durchschnitt
				Oben	Unten	
B 0	66,25	11,00	6,14	6,88	7,52	7,20
B 1	73,12	12,12	6,09	16,68	18,14	17,42
B 2	68,75	10,88	6,39	17,32	17,98	17,65
B 3	72,12	11,25	6,32	17,66	15,94	16,80

Tab. 40: Vergleich von morphologischen Durchschnittswerten (Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit), Xylemwasserpotential und Stufigkeitsklassen (Sommer 1979)

Stufigkeitsklasse	Sproßhöhe (cm)	Ø Wurzelhals (mm)	Stufigkeit	Xylemwasserpotential		
				Zweigentnahme		Durchschnitt
				Oben	Unten	
A 1	63,56	12,00	5,29	13,94	13,23	13,58
A 2	76,56	10,62	7,19	15,34	16,56	15,95

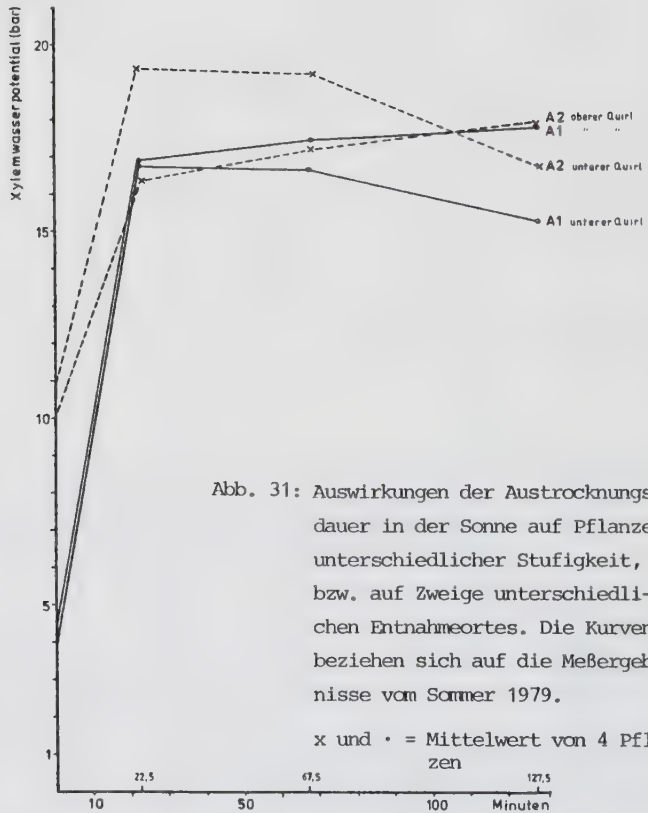


Abb. 31: Auswirkungen der Austrocknungs-
dauer in der Sonne auf Pflanzen
unterschiedlicher Stufigkeit,
bzw. auf Zweige unterschiedli-
chen Entnahmeortes. Die Kurven
beziehen sich auf die Meßergeb-
nisse vom Sommer 1979.

x und • = Mittelwert von 4 Pflanz-
zen

Die Kurven in Abb. 31 zeigen das Verhalten der Pflanzengruppen mit unter-
schiedlicher Stufigkeit (A 1 und A 2). Ebenfalls zeigt sich ein unterschied-
liches Verhalten je nach Entnahmeort der Zweige an den Pflanzen.

Vier Monate nach der Verpflanzung wurde eine Ausfallrate von 33 % festgestellt. Die Anteilverteilung war:

a - Bezüglich der Stufigkeitsklassen (bzw. A 1 und A 2) je 50 %.

b - Bezüglich der Austrocknungsperioden: B 0 = 0 %

B 1 = 25 %

B 2 = 25 %

B 3 = 50 %

Anschließend ist die Varianzanalyse der Behandlungen (Tab. 41) dargestellt:

Tab. 41: Varianzanalyse der Ergebnisse vom Sommer 1979

ART DER VARIATION	SQ	FG	MS	F	SIGNIF von F
<u>KOVIARIATES</u>	11147.977	3	3715.992	3.746	.016
STUFIGKEIT	7.470	1	7.470	.008	.931
SPROSSHÖHE	403.327	1	403.327	.407	.526
DURCHMESSER	751.640	1	751.640	.758	.388
<u>HAUPTEFFEKT</u>	122381.828	4	30595.457	30.846	.000
AUSTROCKNUNGSDAUER	122289.187	3	40763.062	41.097	.000
ENTNAHMEORT	92.641	1	92.641	.093	.761
<u>WECHSELWIRKUNG</u>	2340.172	3	780.057	.786	.507
AUSTROCKNUNGSDAUER					
x ENTNAHMEORT	2340.172	3	780.057	.786	.507
<u>ERKLÄRT</u>	135869.977	10	13586.998	13.698	.000
<u>RESTSTREUUNG</u>	52569.596	53	991.879		
<u>GESAMT</u>	188439.572	63	2991.104		

2.5.3 Diskussion

Die Varianzanalysen des Xylemwasserpotentials ergaben einen signifikanten Unterschied bezüglich der Entnahmehöhe der Probenzweige. Die Resultate beweisen, daß in den untersuchten Jahreszeiten (mit wenigen Ausnahmen im Sommer) die Zweige des obersten Quirls die kleineren Werte aufwiesen, und zwar unabhängig von der Austrocknungsdauer.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch von anderen Autoren gemacht (z.B. HELLKVIST et al., 1974). Dagegen stellte sich nach Untersuchungen von SCHMIDT-VOGT, GÜRTH und von SCHNURBEIN (1971) eine bessere Wasserbilanz der oberen Nadeln nur an Tagen geringer Belastung des Wasserhaushaltes ein, in den ersten vier Wochen nach der Verpflanzung.

Erklären lassen sich die niedrigeren Werte in den oberen Zweigen vielleicht dadurch, daß die Seitenzweige dem Wasser einen größeren Widerstand entgegensetzen, als der Stamm. In Analogie zum Ohm'schen Gesetz resultiert so aus der größeren Länge der unteren Zweige (1. Ordnung) ein größerer Reibungswiderstand und damit auch ein höherer Xylemwasserpotentialwert.

Interessante Ergebnisse gab es auch hinsichtlich der Reaktion des Xylemwasserpotentials auf die verschiedenen Austrocknungsvarianten. Wie auch die Varianzanalysen deutlich machten, sind die Unterschiede zwischen der Variante B 0 (Kontrolle) und den übrigen Austrocknungsvarianten zu allen Jahreszeiten hoch signifikant. Ein Vergleich der Austrocknungsvarianten B 1 (15 - 30 Min.) und B 2 (60 - 75 Min.) zeigt, daß die Pflanzen der Variante B 2 im Spätsommer und im Frühling entsprechend ihrer längeren Austrocknung deutlich höher waren. Dieser Unterschied trat aber interessanterweise nicht im Sommer auf. Selbst das Xylemwasserpotential der Variante B 3 (120 - 135 Min.) lag in diesem Sommer nicht über den Werten der Variante B 1. Dies könnte bedeuten, daß die Pflanzen in wärmeren Jahreszeiten ihre Stomata schon bei niedrigeren Xylemwasserpotentialwerten schließen. Bestätigt wird diese Vermutung durch die Tatsache, daß innerhalb der gleichen Austrocknungsvariante die Werte im Sommer niedriger waren als im Frühling und Spätsommer.

Die Form der Kurven in den Abbildungen (29-31) verdeutlicht, daß dieser rapide Anstieg des Xylemwasserpotentials innerhalb der ersten 15 - 30 Minuten auf offene Stomata zurückzuführen ist. Wie aus den Abbildungen (43A und B) ersichtlich ist, verlieren die Fichtenpflanzen ihren Turgor etwa bei 20 bar vollständig. Da nachher alle Stomata in der Regel geschlossen sind, verlangsamt sich auch die Austrocknung bzw. der Anstieg des Wasserpotentials.

Zu einem anderen Ergebnis kommt von LÜPKE (1973. b), der 4-jährige Fichten einer differenzierten Austrocknung aussetzte (15, 50 und 95 Min.). Dabei stellte er fest, daß die Xylemwasserpotentialwerte bis zu einer Austrocknungsdauer von 95 Minuten ständig weiterstiegen, allerdings war seine Methodik etwas anders. Der gleiche Autor stellte auch weiterhin fest, daß das Längenwachstum und die Trockensubstanzproduktion sich ab einem Wert von 14 bar vor der Verpflanzung beträchtlich verringerten. Dieser Wert wurde bereits bei einer Austrocknungsperiode von ca. 15 Minuten erreicht, was etwa mit unseren Ergebnissen übereinstimmt.

Die Ergebnisse der Verpflanzung zeigen deutlich den Einfluß der Witterung auf den Verpflanzungserfolg. Während es im Frühjahr und im Spätsommer bei relativ kühler und feuchter Witterung keinen Ausfall gab, fielen im trockenen und warmen Sommer 33 % der Pflanzen aus. HALLMANN, HARI, RÄSÄNEN und SMOLANDER (1978) bemerken, daß Auspflanzungen ähnliche Wirkungen wie Wassermangel bei den Pflanzen bewirken, z.B. Verminderung der Transpiration und der photosynthetischen Vorgänge. Dazu soll erinnert werden, daß die Oberschicht des Bodens im Sommer trockener ist als in anderen Jahreszeiten, da die Niederschlägeverteilung schlechter und die Sonnenlichteinstrahlungen stärker sind. Zu einem anderen Ergebnis kam HAVRANEK (1975), der den Verpflanzungserfolg von 3-jährigen Fichtenpflanzen zu verschiedenen Jahreszeiten untersuchte. Er kam zu dem Schluß, daß die Verpflanzung im Spätsommer zur stärksten Störung der Wasserversorgung und damit zum höchsten Ausfall führte. In Unkenntnis der dabei herrschenden Witterung, lassen sich die Ergebnisse aber nur schwer vergleichen.

Die Ausfallrate war bei der Austrocknungsvariante B 3 (120 - 135 Min.) mit 50 % am höchsten, obwohl der durchschnittliche Xylemwasserpotentialwert dieser Variante mit 16,8 bar nicht höher lag, als die Werte der Varianten B 2 (60 - 75 Min.) und B 1 (15 - 30 Min.), die einen Ausfall von je 25 % hatten.

Erwartungsgemäß schnitten die Fichten der Variante B 0 (0 Min.) mit 0 % Ausfall am besten ab, was wiederum die Bedeutung des Frischezustandes beim Verpflanzen unterstreicht.

HAVRANEK und TRANQUILINI (1972) untersuchten die Auswirkungen der Verschulung in verschiedenen Jahreszeiten bei 1- und 2-jährigen Lärchenpflanzen. Sie konnten feststellen, daß die Verpflanzung schon im Jahr der Verschulung eine Wachstumsverzögerung hervorrief (im Vergleich mit dem Wachstum der Kontrollpflanzen). Diese Entwicklungsverzögerungen entsprechen den Zahlen: 50 %, 35 % und 95 %, je nachdem die Verschulung im Frühjahr, Sommer oder Herbst erfolgte. Im Jahr danach holten die Pflanzen der Frühjahrsverschulung die Kontrolle wieder ein (100 %), jene der Herbstverschulung erreichten 71 % und die der Sommersverschulung 66 % des Gesamthöhenzuwachses beider Jahre.

Interessant war auch, daß sich keine Auswirkung der Stufigkeitsklasse auf den Verpflanzungserfolg feststellen ließ. Beide Stufigkeitsklassen sind mit je 50 % an den ausgefallenen Pflanzen beteiligt.

Dagegen wurde ein Einfluß der Stufigkeit auf das Xylemwasserpotential der höheren Austrocknungsstufen (B 2 und B 3) sichtbar, indem die Pflanzen der günstigen Stufigkeitsklasse A 1 überwiegend die niedrigeren Werte besaßen. Allerdings konnten diese Unterschiede nur im Spätsommer statistisch abgesichert werden. Insgesamt gesehen scheinen also die Pflanzen mit der höheren Stufigkeit resistenter gegen die Austrocknung zu sein, auch wenn sich diese Fähigkeit nicht im Verpflanzungserfolg ausdrückte.

Die Messungen der Fichten 33 und 62 Tage nach der Verpflanzung im Frühjahr und Spätsommer haben gezeigt, daß selbst die Pflanzen der Austrocknungsvariante B 3 (120 - 135 Min.) den Verpflanzungsschock sehr gut überwunden hatten. Ihr Xylemwasserpotential

wies keine höheren Werte auf als das der Kontrollpflanzen. Aus der von vielen Autoren (z.B. TRANQUILINI, 1973) festgestellten engen Korrelation zwischen Wurzelbildung und Xylemwasserpotential kann man demnach folgern, daß die Wurzelregeneration der ausgetrockneten Pflanzen gut war. Auch von LÜPKE (1976) stellte schon fest, daß sich die Fichte durch eine hohe Regenerationsfähigkeit ihrer Wurzeln auszeichnet.

2.6 Wasseraufnahmefähigkeit von 6- und 8-jährigen Tannenpflanzen mit unterschiedlicher Wurzelschnittlänge

Hauptziel dieses Experimentes ist die Messung der Wasseraufnahmefähigkeit von Tannenpflanzen bei unterschiedlich starkem Wurzelschnitt.

2.6.1 Material und Methoden

Aus einer Pflanzung wurden 6- und 8-jährige Tannenpflanzen ausgewählt. Die Pflanzung wurde vom 23. bis 27. April durchgeführt.

Die Behandlung bestand darin, die Wurzeln der Pflanzen in unterschiedlicher Tiefe zu beschneiden und anschließend sofort zu verpflanzen.

<u>Variante</u>	<u>Wurzelschnittlänge</u>
0	ohne Wurzelschnitt
1	25 % der Hauptwurzellänge
2	50 % der Hauptwurzellänge
3	75 % der Hauptwurzellänge

Jede Parzelle besteht aus 20 Pflanzen und ist in der folgenden Skizze dargestellt:

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20

Varianten	0	1	2	3
-----------	---	---	---	---

Die Nummern in den einzelnen Feldern beziehen sich auf die Pflanzen, deren Dimensionen mit den bereits in Abschnitt 2.4.1 dargelegten Kriterien zur Pflanzenauswahl übereinstimmen. Bei den ausgewählten Pflanzen wurde das Xylemwasserpotential mit der Druckkammer nach SCHOLANDER et al. (1964) gemessen.

Zunächst wurden bei der Hälfte aller verfügbaren Pflanzen die Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser und Stufigkeit (H/D Verhältnis) gemessen. Bei der Auswahl der zu untersuchenden Pflanzen wurde folgendermaßen vorgegangen: In jeder Reihe wurde eine Pflanze gemessen, die folgende übersprungen usw. Die Messungen ergaben folgende Resultate:

Altersstufe 8 Jahre:

Mittlere Sproßhöhe = 70,42 cm, Standardabweichung = 13,8 cm
 Mittlerer Wurzelhalsdurchmesser = 12,3 mm, Standardabweichung = 2,68 mm
 Mittlere Stufigkeit = 5,86 , Standardabweichung = 1,18

Altersstufe 6 Jahre:

Mittlere Sproßhöhe = 30,05 cm, Standardabweichung = 5,33 cm
 Mittlerer Wurzelhalsdurchmesser = 11,26 mm, Standardabweichung = 1,96 mm
 Mittlere Stufigkeit = 2,70 , Standardabweichung = 0,61

Die Auswahl der 20 Pflanzen für jede Parzelle erfolgte auf Grund der obigen Meßresultate. Die ausgewählten Pflanzen hatten folgende Dimensionen:

Altersstufe 8 Jahre: Sproßhöhe = 63 bis 77 cm
Wurzelhalsdurchmesser = 11 bis 14 mm
Stufigkeit = 5,26 bis 6,45

Altersstufe 6 Jahre: Sproßhöhe = 27 bis 33 cm
Wurzelhalsdurchmesser = 10 bis 12 mm
Stufigkeit = 2,39 bis 3,00

Als Kriterium der Wasseraufnahmefähigkeit dienten die Dämmerungswerte (predawn) des Xylemwasserpotentials. Die Bedeutung dieser Dämmerungswerte für den Wasserhaushalt soll kurz erläutert werden.

Die Pflanzen versuchen in der Nacht das während des Tages verlorengegangene Wasser wieder aufzunehmen. Damit sinkt das Xylemwasserpotential, bis sich ein Gleichgewicht mit dem Wasserpotential des Bodens eingestellt hat. Bei einer einheitlichen Bodendurchfeuchtung ergeben sich für die Pflanzen somit recht konstante Xylemwasserpotentialwerte. Werden aber bei einigen Pflanzen höhere Werte gemessen, dann deutet dies darauf hin, daß ihre Wasseraufnahmefähigkeit gestört ist.

Die Messungen begannen um 4 Uhr und dauerten ca. 2 bis 3 Stunden. Um festzustellen, wie sich die Wasseraufnahmefähigkeit der unterschiedlich wurzelbeschnittenen Pflanzen verändert, wurden die Messungen in bestimmten Zeitabständen wiederholt.

Altersstufe 8 Jahre

25.5.79
13.6.79
5.7.79
30.7.79

Altersstufe 6 Jahre

28.5.79
15.6.79
6.7.79

Für die vierte Messung der 8-jährigen Pflanzen wurde eine neue Parzelle angelegt, wobei 4 Pflanzen aus der Parzelle stammten, in der die vorherigen Messungen durchgeführt worden waren. Es handelt sich dabei um die Pflanzen Nr. 4, 5, 12 und 20. Bei den 6-jährigen Pflanzen wurde eine vierte Messung nicht für notwendig gehalten. Insgesamt wurden 60 Pflan-

zen untersucht. Dabei wurden 140 Messungen des Xylemwasserpotentials durchgeführt.

Die Stichproben wurden immer aus dem obersten Quirl der ausgewählten Pflanzen genommen. 4 Stichproben wurden jeweils gleichzeitig entnommen (eine für jede Behandlung) und sofort gemessen.

Beispiel: Stichprobennahme aus den Pflanzen Nr. 1 bis 4. Nachdem diese gemessen waren, wurden die Stichproben aus den in der Numerierung folgenden Pflanzen Nr. 5 bis 8 entnommen. Nach diesem Verfahren wurden alle Pflanzen gemessen. Die Stichproben hatten ungefähr die gleichen Dimensionen (Länge und Durchmesser) und waren am gleichen Tag alle aus der gleichen Himmelsrichtung genommen. So wurden beispielsweise am 25.5.79 nur Stichproben aus der Himmelsrichtung Norden gewählt, die am 13.6.79 genommenen Stichproben hingegen waren alle nach Süden exponiert, während die Stichproben vom 5.7.79 alle aus der Himmelsrichtung Osten stammten.

Der Frischezustand des ausgewählten Materials wurde wie in Abschnitt 2.3.3 beschrieben gewährleistet.

2.6.2 Ergebnisse und Diskussion

2.6.2.1 Xylemwasserpotentialmessungen bei 8-jährigen Pflanzen

Die Messungen wurden bei folgenden Witterungsverhältnissen durchgeführt:

- 25.5.79: Gute Bodenwasserversorgung; Regen während der Messungen.
- 13.6.79: Ca. 12 Stunden vor Beginn der Messungen starkes Gewitter; während der Stunden vor dem Gewitter teilweise bedeckter Himmel; relativ starker Wind.
- 5.7.79: Zwei Tage vor den Messungen vormittags bewölkt mit leichten Niederschlägen, am Tag vor den Messungen morgens stark, am Nachmittag wechselnd bewölkt.

30.7.79: Während der zwei den Messungen vorangehenden Wochen keine Niederschläge, trockenes und warmes Wetter; jedoch ca. 6 Stunden vor Beginn der Messungen leichter Niederschlag.

a) Vergleich der Varianten:

Der Kurvenverlauf der Variante (0) hebt sich in mehrfacher Hinsicht von dem Kurvenverlauf der anderen Varianten ab.

Auffallend sind zunächst die relativ geringen Schwankungen des Xylemwasserpotentials dieser Variante. Bei dem Vergleich aller 4 Meßtage kann man außerdem erkennen, daß diese Verflachung immer mehr zunimmt, je weiter der Termin der Verpflanzung zurückliegt. So schwanken die Xylemwasserpotentialwerte dieser Variante am letzten Meßtag (30.7.79) nur noch zwischen 5 - 6 bar (eine einzige Ausnahme geschah am 13.6.79 bei der Pflanze Nr. 1).

Diese Ergebnisse zeigen recht deutlich, daß sich der Wasserhaushalt der Pflanzen der Variante (0) zu diesem Zeitpunkt wieder stabilisiert hat. Zum gleichen Resultat kommt man bei der Betrachtung der Abb. 36. Kurz nach der Verpflanzung hatten die Pflanzen aller Varianten im Durchschnitt ähnliche Ausgangswerte (am 25.5.79). An den folgenden Meßtagen nimmt das Xylemwasserpotential der Variante (0) insgesamt gesehen ab, während das der übrigen Varianten stark zunimmt. Damit haben sich alle Pflanzen der Variante (0) gut von dem Verpflanzungsschock erholt, was auch dadurch bewiesen wurde, daß es unter ihnen keinen Ausfall gab.

Die übrigen, bei allen Varianten sehr hohen Werte am 13.6.79 lassen sich sicherlich auf den zu diesem Zeitpunkt recht ausgetrockneten Boden zurückführen.

Nach der Variante (0) zeigt die Variante (2) den ausgeglichsten Kurvenverlauf an allen Meßtagen. Im Vergleich zur Variante (0) ist aber doch eine wesentlich höhere Differenzierung festzustellen. Dies gilt noch mehr für die Varianten (1) und (3), die am letzten Meßtag zwischen 6 und 40 bar schwankten. Entsprechend war auch die Mortalität bei diesen Varianten sehr hoch.



Abb. 32: Dämmerungswerte des Xylemwasserpotentials von zwanzig 8-jährigen Tannen bei unterschiedlichen Wurzelschnittlängen.

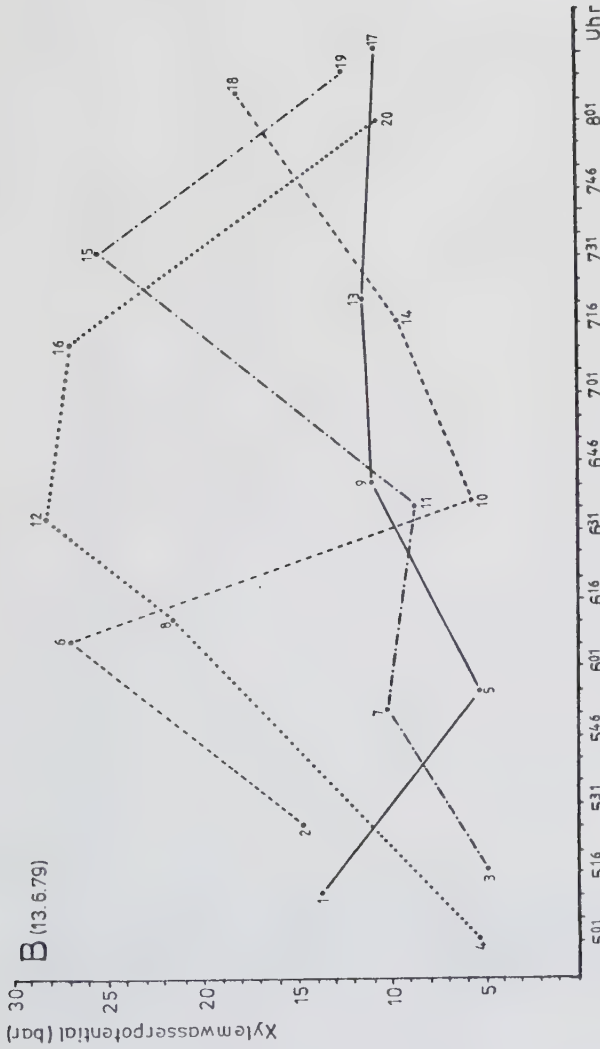


Abb. 33: Dämmungswerte des Xylemwasserpotentials von zwanzig 8-jährigen Tannen bei unterschiedlichen Wurzelschnittlängen (Behandlungen siehe Abb. 32).

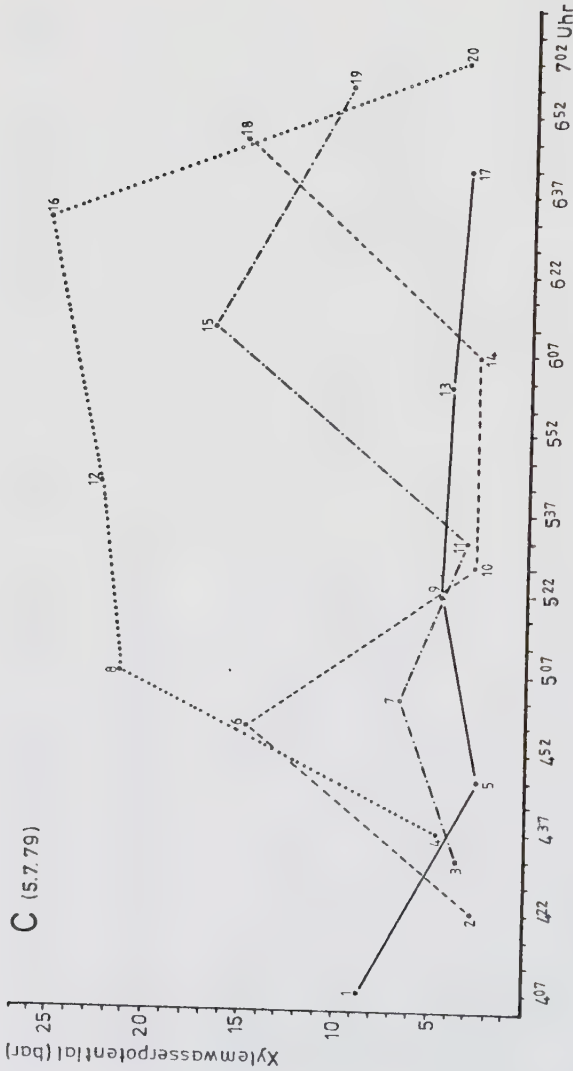


Abb. 34: Dämmerungswerte des Xylemwasserpotentials von zwanzig 8-jährigen Tannen bei unterschiedlichen Wurzelschnittlängen (Behandlungen siehe Abb. 32).

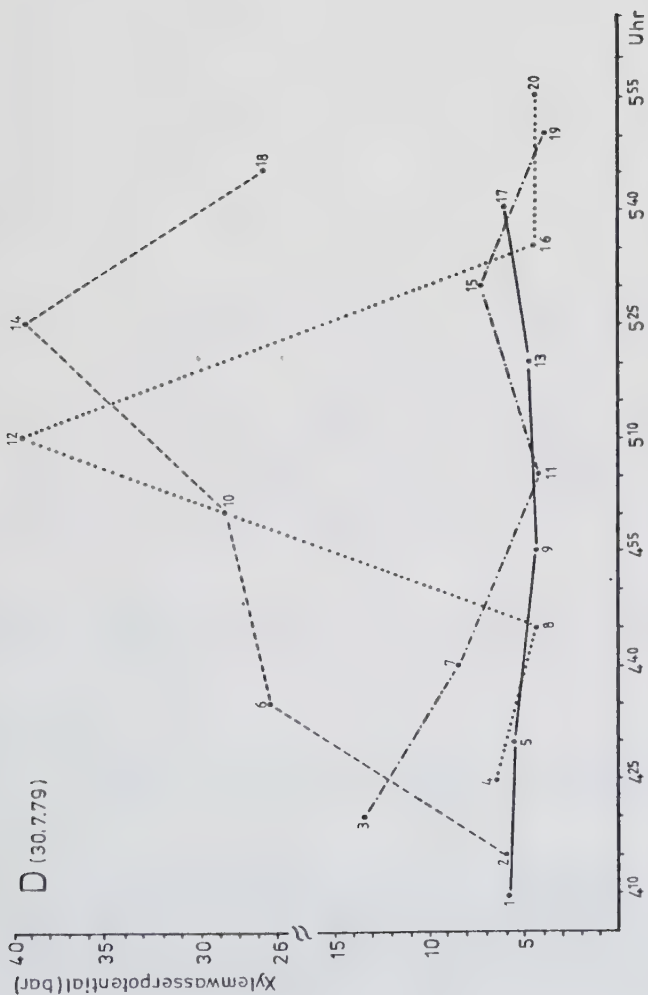


Abb. 35: Dämmerungswerte des Xylemwasserpotentials von zwanzig 8-jährigen Tannen bei unterschiedlichen Wurzelschnittlängen (Behandlungen siehe Abb. 32).

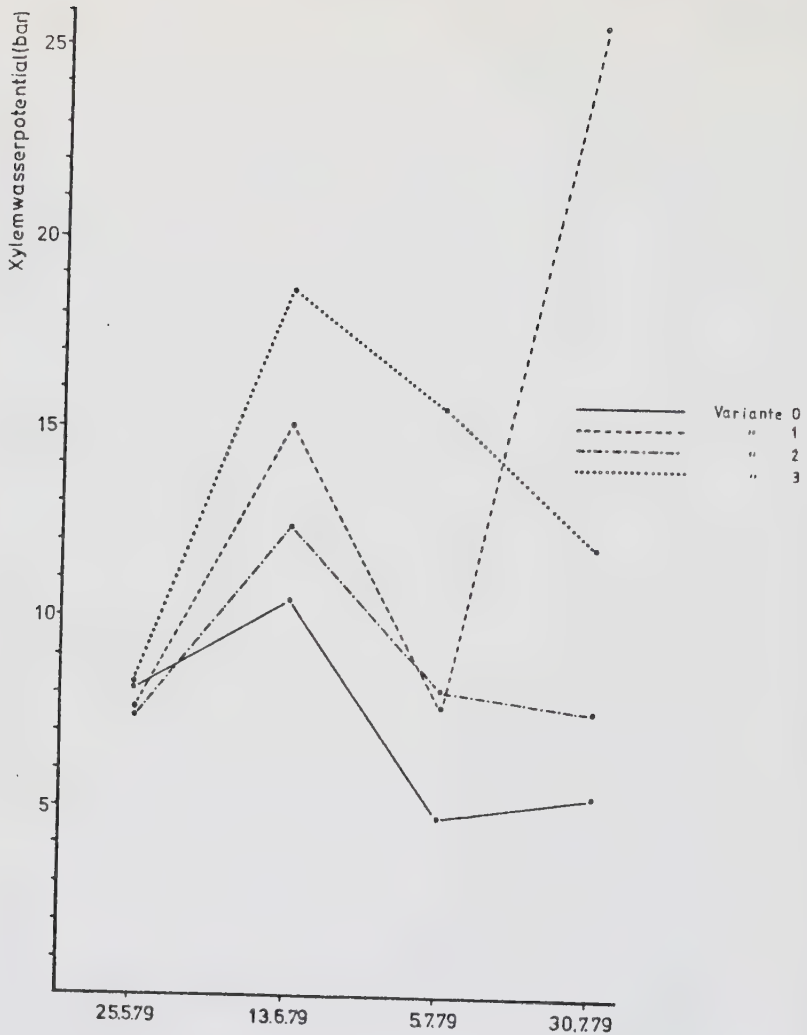


Abb. 36: Änderungen des Dämmerungs-Wasserpotentials 8-j. Tannen vom Zeitpunkt der 1. Messung an. Die Mittelwerte zeigen, daß eindeutig nur die Variante 0 (kein Wurzelschnitt) einigermaßen die Verpflanzung verkraften kann (niedrigste Wasserpotentialwerte)

b) Vergleich einzelner Pflanzen

Einige wenige wurzelbeschnittene Pflanzen zeigen dagegen nur eine geringe Differenzierung. So weisen z.B. die Pflanzen Nr. 19 (2. Variante) und 20 (3. Variante) an allen Meßtagen relativ niedrige Werte auf, während umgekehrt bei der Pflanze Nr. 12 (3. Variante) immer sehr hohe Werte gemessen wurden. Offenbar reagieren die Pflanzen auf die gleiche Behandlung recht unterschiedlich. Diese Schlußfolgerung kann allerdings wegen der geringen Probenzahl statistisch nicht abgesichert werden.

Einige Pflanzen hatten kurz vor dem 1. Meßtag (25.5.79) frisch angetrieben. Diese nach Abb. 32 mit (T) gekennzeichneten Pflanzen wiesen unabhängig von der Behandlung ohne Ausnahme die niedrigsten Werte auf. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen hat sich aber eine ähnliche Differenzierung nicht wiederholt, was vermutlich auch auf die weitere Austrocknung der wurzelbeschnittenen Pflanzen zurückzuführen ist. Insofern kann man einen Zusammenhang zwischen den angetriebenen Zweigen und den niedrigeren Xylemwasserpotentialwerten nicht ganz ausschließen.

2.6.2.2 Xylemwasserpotentialmessungen bei 6-jährigen Pflanzen

An den Meßtagen herrschten folgende Witterungsverhältnisse:

- 28.5.79: Regen während der 24 den Messungen vorausgehenden Stunden; guter Wasservorrat im Boden; feuchtes Wetter.
- 15.6.79: Am Meßtag bewölkt und ziemlich windig; jedoch waren die vorausgehenden Tage trocken und sonnig.
- 6.7.79: Am Tag vor dem Meßtag vormittags wechselnd bewölkt; nachmittags wolkenlos.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen mit den 8-jährigen stellte sich bei den 6-jährigen Tannen kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten ein (siehe Abb. 37 A, B, C). So ist auch bei allen Varianten ein zeitlicher Fortschritt festzustellen, in dem ihr Kurvenverlauf am letzten Meßtag (6.7.79) die geringsten Differenzierungen aufweist. Das bedeutet, daß spätestens zu diesem Zeitpunkt die Pflanzen sich wieder erholt hatten.

Lediglich der Pflanze Nr. 18 (1. Variante) gelang es offenbar nicht, ihren Wasserhaushalt schnell zu stabilisieren, gegenüber anderen Pflanzen dieser Variante.

Am 15.6.79 zeigten alle Pflanzen höhere Werte als an den übrigen Meßtagen, was auf den zu dieser Zeit relativ ausgetrockneten Boden zurückzuführen ist (siehe Abb. 38).

Der Vergleich der 6-jährigen mit den 8-jährigen Tannen beweist die Überlegenheit der jüngeren Tannen bei der Verpflanzung. Besonders drastisch zeigt sich dieser Unterschied bei den wurzelbeschnittenen Tannen. Aber auch die unbehandelten Pflanzen überstehen den Verpflanzungsschock offenbar besser, da ihre Nachtwerte bereits nach ca. 60 Tagen nur noch sehr geringe Schwankungen aufwiesen. Ähnlich konstante Werte traten bei den 8-jährigen Tannen erst nach ca. 85 Tagen auf.

Die Überlegenheit jüngerer Pflanzen bei der Verpflanzung wird auch durch Untersuchungen anderer Autoren bestätigt.

GÜRTH (1970 b) untersuchte Wachstum und Wasserhaushalt der Forstpflanzen von verschiedenen Größen und Stufigkeiten und stellte fest, daß die größeren Pflanzen nach der Verpflanzung weniger widerstandsfähig waren als die kleineren. Auch SCHMIDT-VOGT (1970) stellte fest, daß die kleineren Pflanzen gegenüber dem Verpflanzungsschock weniger empfindlich sind. Er hat weiter berichtet, daß nur die starke Großpflanze in der Lage ist, den Verpflanzungsschock schnell zu überwinden. Eine indirekte Bestätigung der eigenen Ergebnisse findet sich auch bei SCHMIDT-VOGT, GÜRTH und von SCHNURBEIN (1971). Sie fanden (bei 2-jährigen Fichtensämlingen), daß in ungünstigen Wachstumsbedingungen

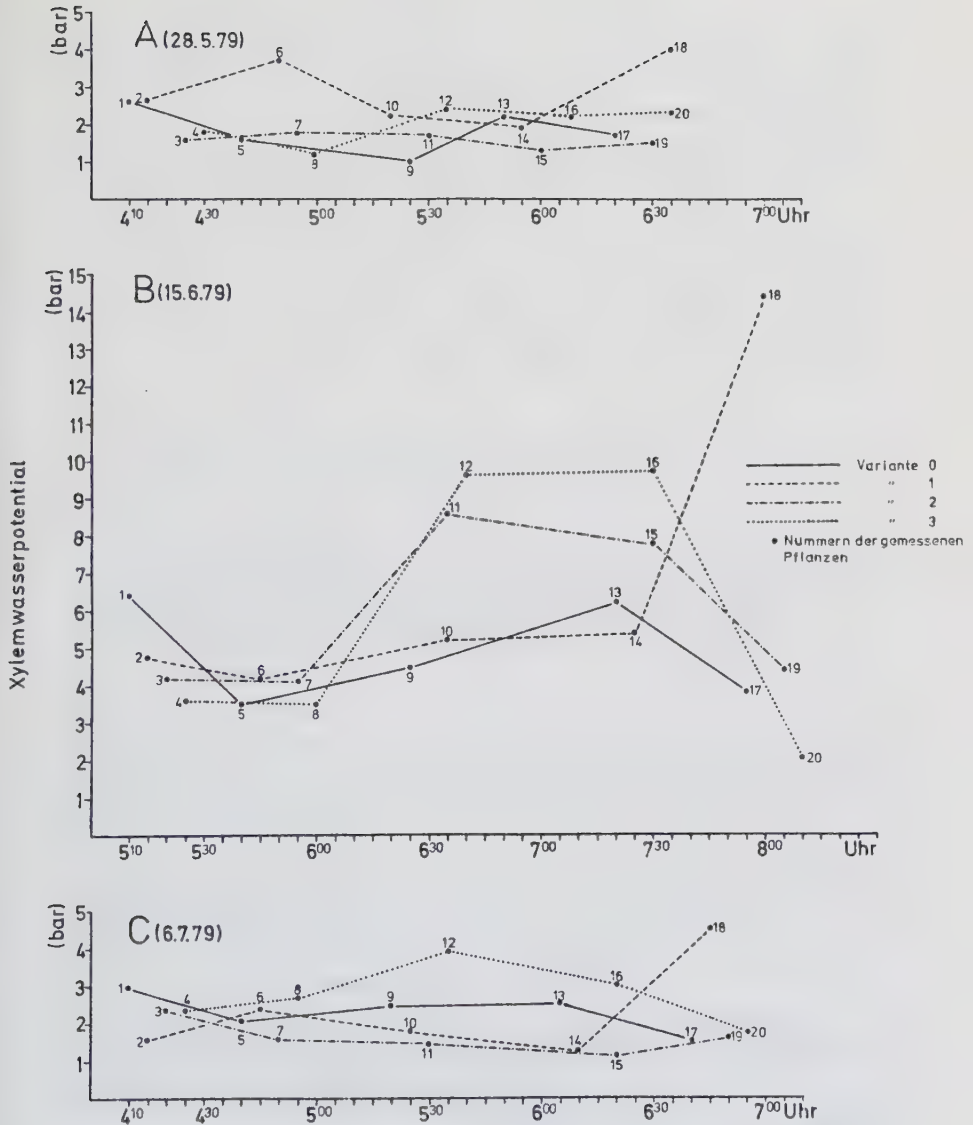


Abb. 37: Dämmerungswerte des Xylemwasserpotentials von zwanzig 6-jährigen Tannen bei unterschiedlichen Wurzelschnittlängen

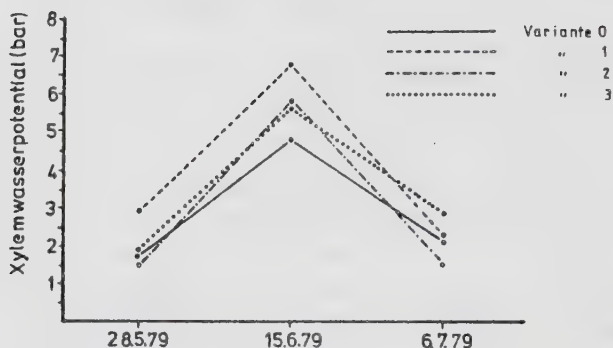


Abb. 38: Änderung des Dämmerungs-Wasserpotentials nach der ersten Messung. Gegenüber den 8-jährigen Tannen zeigen die 6-jährigen Pflanzen, daß alle Varianten die Verpflanzung relativ gut überstanden haben

die Wasserbilanz der großen Pflanzen gleich oder schlechter ist als die der kleinen in den ersten vier Wochen nach der Verpflanzung.

HAVRANEK und TRANQUILINI (1972) untersuchten die Auswirkungen der Verschulung von 1- und 2-jährigen Lärchenpflanzen (Larix decidua Mill.). Auch diese Untersuchung ergab, daß der Versetzungsschock bei den 1-jährigen Pflanzen kleiner war.

Eine einleuchtende Erklärung für die Überlegenheit jüngerer Pflanzen bei der Verpflanzung konnte bisher noch nicht gefunden werden. Oft wird als Grund die kleinere Blattmasse der jüngeren Pflanzen als Begründung angegeben.

Interessant in diesem Zusammenhang ist eine Arbeit von LÜPKE (1973a), der den Zusammenhang zwischen Sproß-Wurzelverhältnis und Wasseraufnahmefähigkeit untersuchte.

Dieser Autor führte an 5-jährigen Fichten Wurzelschnitte von 18 - 42 % durch, was zu einem ungünstigen Sproß-Wurzelverhältnis führte. Bei gleichbleibender Wasseraufnahme pro Gramm Wurzelmasse resultierte daraus eine deutliche Einschränkung der Transpiration, die natürlich als Folge einer Einschränkung der Wasseraufnahmefähigkeit zu verstehen ist.

Nach einem Sproßschnitt (ungefähr 45 % der Masse) war die Wirkung umgekehrt: Die Höhe der Transpiration stieg um 20 % bis 30 % pro Gramm Blattmasse. Indessen verringerte sich die gesamte Transpiration der Pflanze (und auch die Höhe der Feuchtigkeitsabsorption).

PARVIAINEN (1979) untersuchte die Korrelation zwischen dem Xylemwasserpotential und der Regeneration der Wurzeln von Fichtenpflanzen und zwar der Nichtgepflanzten (Kontrolle), der ohne Wurzelschnitt gepflanzten und jener der mit starkem Wurzelschnitt gepflanzten. Dieser Autor stellte fest, daß die Pflanzen in den Nächten nach dem Verpflanzen nicht genügend Wasser aus dem Boden aufnehmen konnten, um die Höhe des Wasserpotentials der Kontrollpflanzen zu erreichen. Er stellte auch fest, daß die meistgeschädigten Pflanzen die beschnittenen waren. Die Einschränkung in der Aufnahme der Bodenfeuchtigkeit dauerte ungefähr 7 Wochen, was die nötige Zeitdauer zur Wiederherstellung des Wurzelsystems darstellt. Der oben genannte Autor stellte außerdem fest, daß die Erholung bei den ältesten Pflanzen (9 Jahre) schneller erfolgte als bei den jüngeren (5 Jahre). Diese Feststellung stimmt mit den eigenen Ergebnissen bei der Tanne nicht überein.

2.7 Wasseraufnahmefähigkeit von 6-jährigen Fichtenpflanzen in verschiedenen Standräumen

Bei diesem Experiment war die Wasserbilanz von Fichtenpflanzen in Parzellen mit unterschiedlicher Dichte in der Baumschule zu

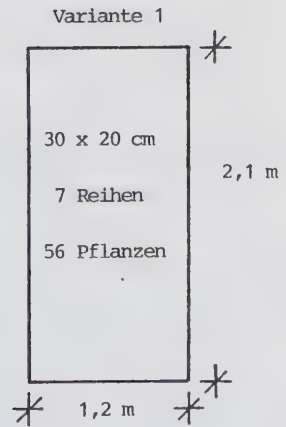
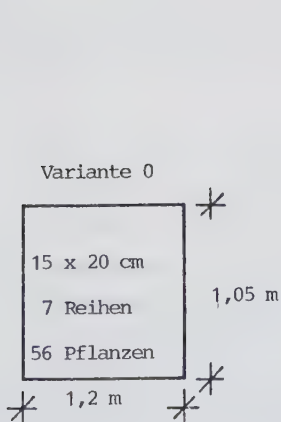
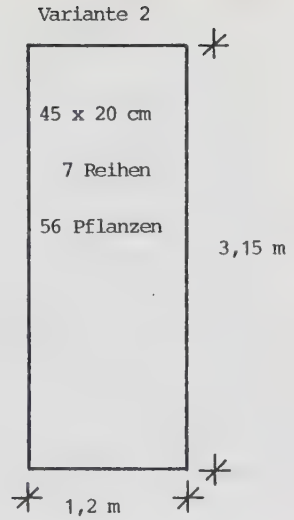
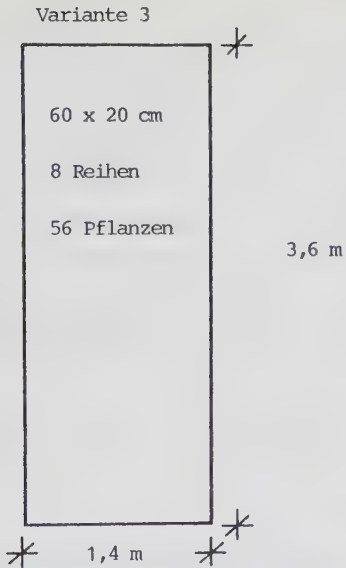
untersuchen. Hauptziel dieser Teilstudie war, festzustellen, welchen Einfluß die Standräume auf die Wasseraufnahmefähigkeit der Pflanzen aus dem Boden ausüben.

2.7.1 Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurden 6-jährige Fichtenpflanzen verwendet, die 1973 gesät und zwei Jahre später verschult worden waren. Vor Beginn der Untersuchung standen die Pflanzen alle in einer Parzelle (die einige Meter lang und einige Meter breit war). Die Pflanzen befanden sich jedoch in einem einheitlichen Verschulverband und wiesen einen Abstand von jeweils 15 cm in einer Reihe auf. Der Abstand zwischen den einzelnen Reihen betrug 20 cm. Zur Vorbereitung dieser Untersuchung wurden Parzellen mit unterschiedlichen Pflanzenabständen angelegt (siehe Parzellenschema). Am 25.5.79 wurden die für die einzelnen Varianten notwendigen Verdünnungen durchgeführt. Daraus ergaben sich folgende Standräume:

<u>Varianten</u>	<u>Standräume</u>
0	15 x 20 cm
1	30 x 20 cm
2	45 x 20 cm
3	60 x 20 cm

Für die Variante 0 wurde keine Verdünnung durchgeführt. Die Verdünnung für die Variante 1 erfolgte folgendermaßen: In jeder Reihe wurde jede zweite Pflanze dicht über dem Boden abgeschnitten. Bei der Variante 2 wurden nach einer stehengebliebenen Pflanze die folgenden 2 abgeschnitten (usw.). Die Verdünnungsmaßnahmen für Variante 3 waren identisch, nur wurden drei Pflanzen eliminiert. Nach Beendigung der Verdünnungsmaßnahmen enthielt jede Parzelle noch 56 Pflanzen.



Parzellenschema mit Angaben über die jeweilige Parzellengröße, Anzahl der Reihen, Pflanzenanzahl und Standräume.

Bei 80 Pflanzen (20 für jede Variante), deren Auswahl nach dem Gesichtspunkt der Zufälligkeit erfolgte, wurden die Merkmale Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser und Stufigkeit nach der Verdünnung gemessen. Die Resultate ergaben folgende Werte:

Mittlere Sproßhöhe	= 76,11 cm,	Standardabweichung = 11,41 cm
Mittlerer Wurzelhalsdurchmesser	= 11,11 mm,	Standardabweichung = 2,36 mm
Mittlere Stufigkeit	= 6,97 ,	Standardabweichung = 0,74

In Übereinstimmung mit diesen Messungen und den unter Abschnitt 2.4.1 beschriebenen Kriterien wurden 24 Pflanzen (6 pro Variante) ausgewählt und Stichproben für die Xylemwasserpotentialmessungen genommen. Die Dimensionen der ausgewählten Pflanzen zeigten folgende Schwankungen:

Sproßhöhe	= 70 - 82 cm
Wurzelhalsdurchmesser	= 9,9 - 12,3 mm
Stufigkeit	= 6,60 - 7,34

Die Messungen wurden stündlich durchgeführt. Sie begannen um 4 Uhr und dauerten bis 19 oder 20 Uhr..

Es wurden insgesamt vier verschiedene Tagesgänge des Xylemwasserpotentials gemessen. An jedem Meßtag bestanden andere Witterungsverhältnisse.

- 18.6.79: 24 Tage nach der Verdünnung
- 12.7.79: 48 Tage nach der Verdünnung
- 17.7.79: 53 Tage nach der Verdünnung
- 19.7.79: 55 Tage nach der Verdünnung

Demnach wurden für dieses Experiment insgesamt 96 Pflanzen verwendet. Die Stichproben wurden immer aus dem obersten Quirl der ausgewählten Pflanzen und zu einer bestimmten Stunde jeweils aus der gleichen Himmelsrichtung genommen. Die Stichproben wiesen alle ungefähr die gleichen Dimensionen (Länge und Durchmesser) auf. Die Stichprobenauswahl unterlag den folgenden Kriterien:

- 1) Im allgemeinen begann um 4 Uhr die Stichprobenentnahme aus vier verschiedenen Pflanzen (eine Pflanze pro Variante). Es wurden nur Stichproben aus der gleichen Himmelsrichtung genommen, z.B. Norden.

- 2) Die in der nächsten Stunde entnommenen Stichproben stammten aus den vier gleichen Pflanzen, jedoch aus einer anderen Himmelsrichtung, z.B. Süden.
- 3) Die zwei Stunden später genommenen Stichproben stammten ebenfalls aus den vier gleichen Pflanzen, jedoch war die Himmelsrichtung wieder eine andere, z.B. Osten.
- 4) Auf diese Weise lieferte die gleiche Pflanze Stichproben für drei aufeinanderfolgende Stunden.
- 5) Die Stichproben für die drei folgenden Stunden wurden aus vier anderen als den unter 1) beschriebenen Pflanzen genommen.

Der Frischezustand des entnommenen Materials wurde nach der unter Abschnitt 2.3.3 beschriebenen Methode erhalten.

2.7.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Resultate sind in den Abb. 39 - 42 dargestellt wobei jeweils eine Graphik einem Tagesgang entspricht. Die Stichproben wurden mit der unter Abschnitt 2.2 beschriebenen Druckpumpe nach SCHOLANDER gemessen.

An den Meßtagen herrschten folgende Witterungsverhältnisse:

- 18.6.79: Während des ganzen Tages stark bewölkt; feuchtes Wetter; Boden gut durchfeuchtet, da es an den vorhergehenden Tagen geregnet hatte; ab 17 Uhr Regen.
- 12.7.79: Den ganzen Tag über bewölkt; direkte Sonneneinstrahlung auf die Parzellen einige Minuten lang um 10 Uhr und von 15 bis 16 Uhr. Der Boden war gut durchfeuchtet.
- 17.7.79: Auflockerung; den größten Teil des Tages über jedoch bewölkt oder stark bewölkt; schwache Sonneneinstrahlungsintensität, wenn die Sonne überhaupt schien; kein Regen am Untersuchungsort an den vorhergehenden Tagen.
- 19.7.79: Den ganzen Tag über wolkenlos; warmes und trockenes Wetter; gleiche Witterungsverhältnisse wie am vorhergehenden Tag. Kein Regen am Untersuchungsort an den vorhergehenden Tagen.

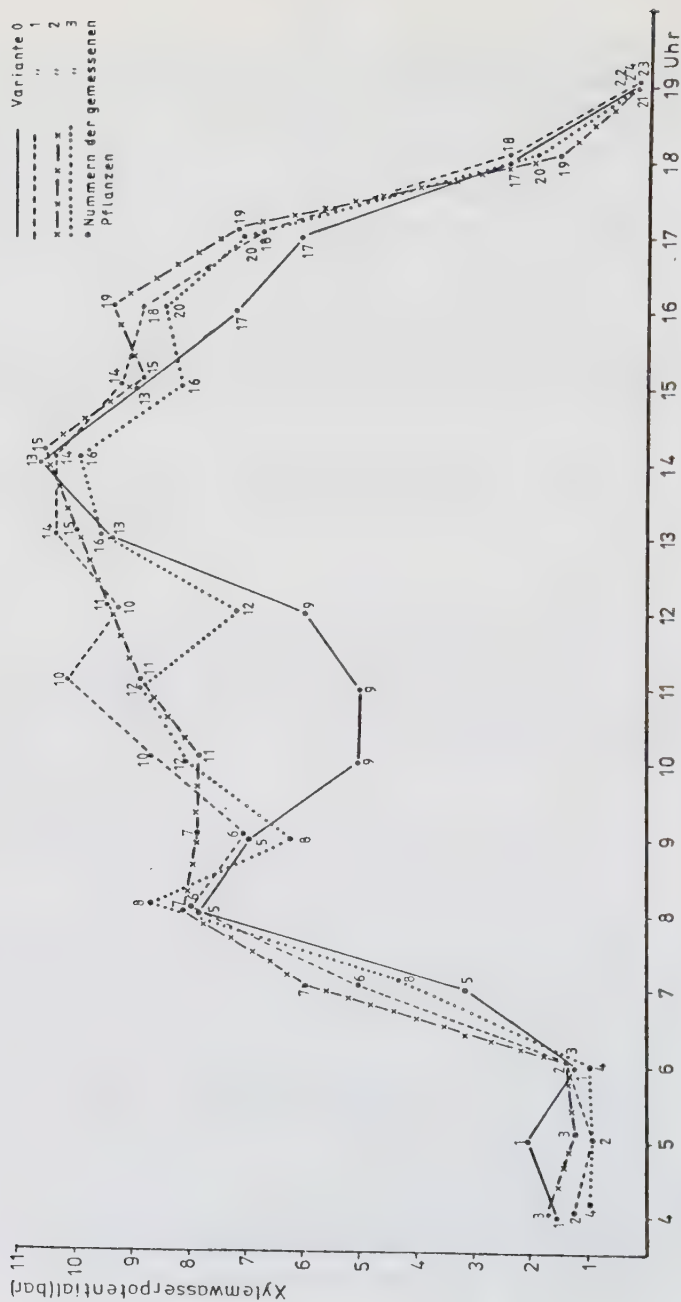
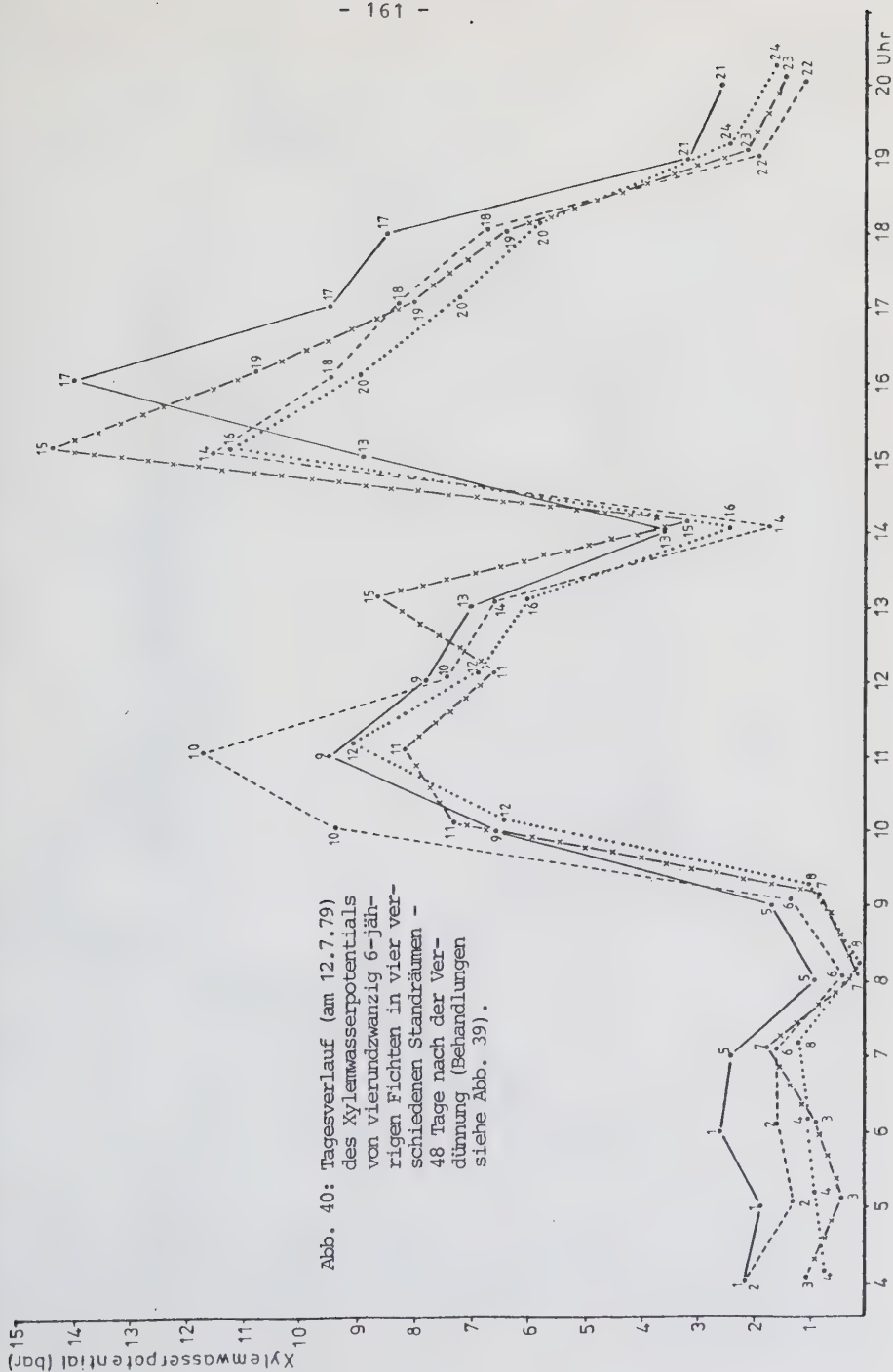


Abb. 39: Tagesverlauf (am 18.6.79) des Xylemwasserpotentials von vierundzwanzig 6-jährigen Fichten in vier verschiedenen Standräumen - 24 Tage nach der Verdünnung



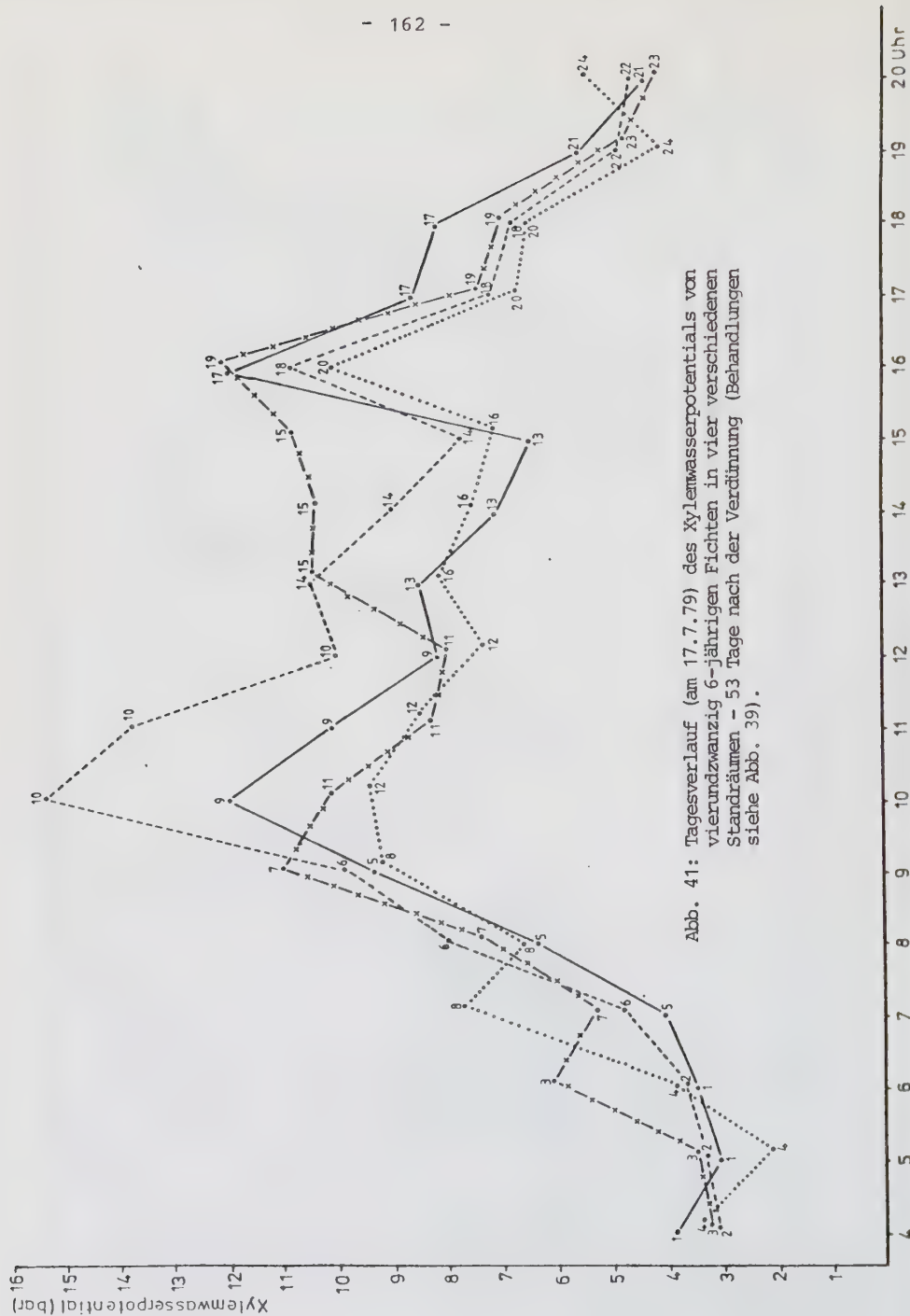


Abb. 41: Tagesverlauf (am 17.7.79) des Xylemwasserpentials von vierundzwanzig 6-jährigen Fichten in vier verschiedenen Standräumen - 53 Tage nach der Verdünnung (Behandlungen siehe Abb. 39).

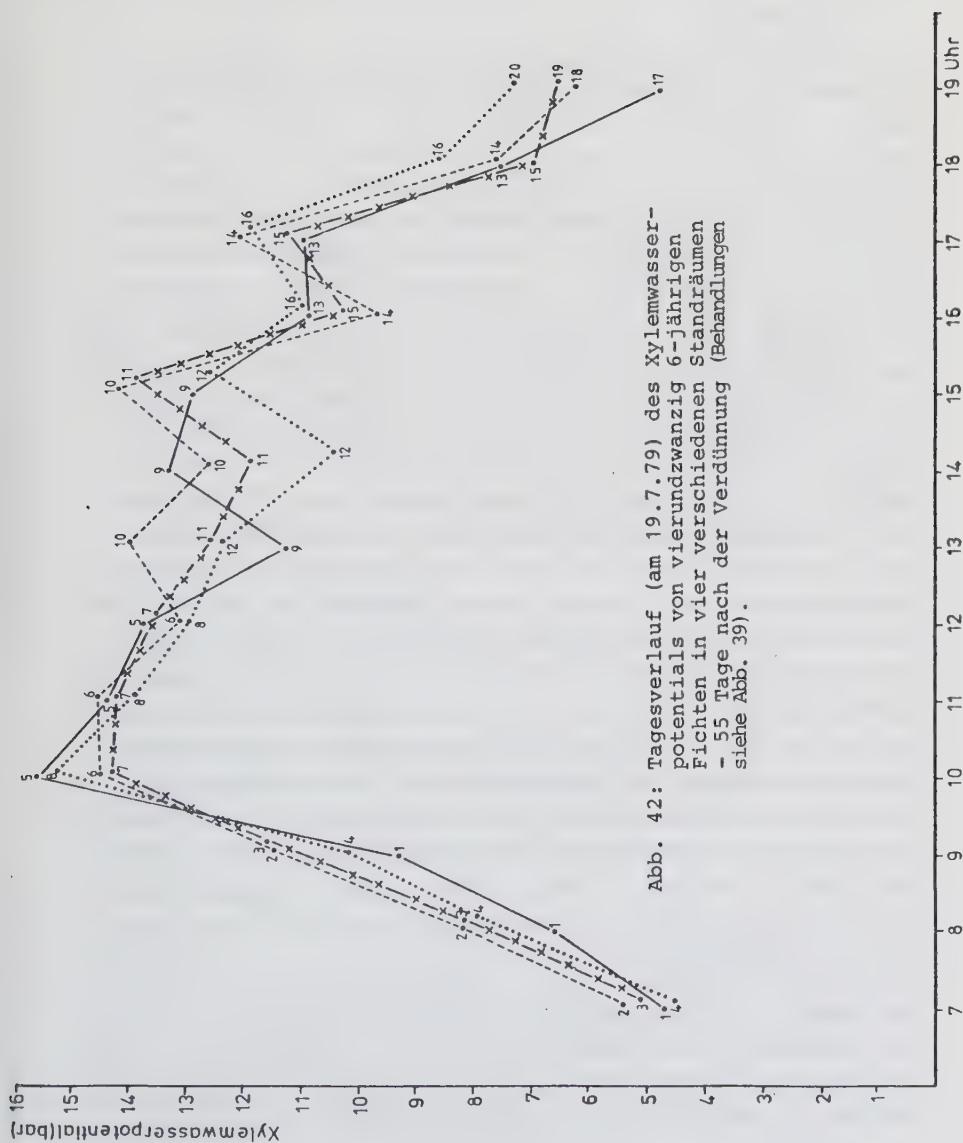


Abb. 42: Tagesverlauf (am 19.7.79) des Xylemwasserpotentials von vierundzwanzig 6-jährigen Fichten in vier verschiedenen Standräumen - 55 Tage nach der Verdünnung (Behandlungen siehe Abb. 39).

Mit Ausnahme am 19.7. begannen die Messungen des Xylemwasserpotentials bereits um 4 Uhr morgens. Der Vergleich der Dämmerungswerte (etwa zwischen 4 und 7 Uhr) beweist, daß die Pflanzen aller Varianten am 18.6. und am 12.7. besser mit Wasser versorgt sind als am 17.7.

Die etwas höheren Dämmerungswerte der am dichtesten stehenden Fichten (Variante 0) am 18.6. und am 12.7. lassen die Vermutung zu, daß ihr Wurzelraum an diesen Tagen auf Grund der größeren Wurzelkonkurrenz stärker ausgetrocknet wurde. Auch die im Vergleich zu anderen Varianten ausgeprägte Mittagsdepression am 18.6., sowie die am 12.7. höheren Abendwerte (etwa zwischen 17 und 20 Uhr) scheinen diese Vermutung zu bestätigen.

An den beiden letzten Meßtagen zeigten sich die oben erwähnten Abweichungen der Variante 0 von den übrigen Varianten nicht mehr. Allerdings war die Belastung des Wasserhaushaltes durch höhere Strahlungsintensität und geringeres Wasserangebot des Bodens deutlich höher. Dies gilt insbesondere für den letzten Meßtag (19.7.), wie aus dem frühen Maximum (ca. 10 Uhr) und dem anschließend in der Gesamttendenz fallenden Xylemwasserpotentialwerten erkennbar wird. Das bedeutet also, daß die Pflanzen ihre Spaltöffnungen zwecks Reduktion der Transpiration bereits nach 10 Uhr nicht mehr vollständig geöffnet hatten (GROSS und PHAM, 1978).

Daß die Pflanzen der Variante 0 an diesen beiden Tagen keine höheren Werte aufweisen ist vermutlich dadurch zu erklären, daß die durch die hohe Wurzelkonkurrenz hervorgerufene Belastung des Wasserhaushaltes kompensiert wird durch die evaporationshemmende Wirkung der im dichten Verband stehenden Pflanzen.

Zwischen den übrigen Varianten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Es besteht natürlich kein Zweifel, daß der Anpassungszeitraum der Pflanzen an den jeweiligen Standort zu kurz war für eine standortspezifische Sproß- und Wurzelentwicklung. Es ist auch selbstverständlich, daß sich eine Veränderung des Sproß- Wurzel-Verhältnisses auch auf die Höhe des Xylemwasserpotentials

auswirkt. Aus diesem Grund sind die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse nur für den relativ kurzen Anpassungszeitraum von 55 Tagen gültig.

2.8 Die Bestimmung des Frischezustandes mit Hilfe des Turgors, dargestellt an einer 14-jährigen Fichte

2.8.1 Theorie

Wie in den vorhergehenden Untersuchungen gezeigt, wird die Scholander-Druckkammer am häufigsten zur Messung des Gesamt-xylemwasserpotentials in Blättern, Nadeln oder Zweigen benutzt. Dabei gilt, daß je mehr ein solches Pflanzenteil Wasser verliert, umso höher ist der (am Manometer der Druckkammer abgelesene) Wert des Xylemwasserpotentials. Die Entwässerung eines Zweiges erfolgt in der Natur durch Transpiration oder nach Abtrennung von der Pflanze durch Austrocknung.

Eine kontrollierte stufenweise Entwässerung kann jedoch auch mit der Druckkammer durchgeführt werden. Die Prozedur verläuft nach folgendem Schema:

Ein Zweig wird in die Druckkammer eingespannt. Der Druck wird solange erhöht bis Wasser auf der Schnittstelle des Zweiges erscheint. Wenn methodisch einwandfrei vorgegangen wird, entspricht der in diesem Augenblick erreichte Druck dem Xylemwasserpotential des Zweiges.

Danach wird der Druck weiter um einige bar erhöht. Konsequenterweise muß nun aus dem Zweig solange Wasser entweichen, bis ein neues Gleichgewicht zwischen dem Wasserzustand des Zweiges (Xylemwasserpotential) und dem Druck in der Druckkammer erreicht wird. Das austretende Wasser kann mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung aufgefangen und die jeweilige Menge (z.B. durch Wiegen) ermittelt werden. Dieser Vorgang kann am selben Zweig mehrere Male vorgenommen werden. Das Ergebnis ist dann eine Beziehung zwischen dem Druck und dem ausgepreßten Volumen an Wasser - die sogenannte Druck-Volumen-Kurve. Die Konstruktion dieser Kurve ist aus Abb. 43A ersichtlich. Im Prinzip

kann hier von der bekannten Beziehung zwischen Wasserpotential (Ψ_W - gemessen mit der Druckkammer), osmotischem Druck (Π) und Turgor (P) ausgegangen werden:

$$(-) \Psi_W = (-) \Pi + P \quad (1)$$

oder für die graphische Darstellung vorteilhafter

$$(-) \frac{1}{\Psi_W} = \frac{1}{-\Pi + P} \quad (2)$$

Im Laufe der oben beschriebenen allmählichen Entwässerung eines Zweiges oder Blattes geht erfahrungsgemäß die Größe P (Turgor) verloren. Wenn dies eintritt, entspricht die Größe Ψ_W dem osmotischen Druck (Π) im Symplast (= Volumen des Wassers in allen Zellen, jedoch nicht in den Zellwänden und im Xylem). Der osmotische Druck ist umgekehrt proportional dem Symplast-Volumen (V)

$$\Pi = \frac{RTN_s}{V} \quad (3)$$

R = Gaskonstante

T = absolute Temperatur

Ns = Anzahl von Osmolen (gelöste osmotisch wirksame Substanzen) im Symplast.

Nach dem Verschwinden des Turgors gilt daher

$$\frac{1}{\Psi_W} = \frac{V}{RTN_s} = \frac{1}{\Pi} \quad (4)$$

Diese Beziehung ist linear (linearer Teil der Druck-Volumen-Kurve in Abb. 43A).

Die Druck-Volumen-Kurve in Abb. 43A wurde mit einem zu Beginn voll mit Wasser gesättigten Fichtenzweig hergestellt. Bei voller Sättigung ist das Wasserpotential (Ψ_W) gleich null (es werden in Wirklichkeit meistens Werte zwischen - 0,1 und - 0,3 bar gemessen). Dies bedeutet, daß in dem Fall die Absolutwerte der Größen Π und P gleich groß sein müssen. Verringert

sich nun der Wassergehalt (V), fällt ψ_w etwa entlang einer Hyperbel ab. Dort, wo diese in eine Gerade übergeht, erreicht P den Wert 0 und die Plasmolyse beginnt. Es ist der Punkt, in dem das Wasserpotential (ψ_w) weiter nur noch dem osmotischen Druck gleicht ($\pi_p = 21$ bar, Index p für Plasmolyse). Der lineare Teil der Druck-Volumen-Kurve kann nach links bis zur senkrechten Achse extrapoliert werden. Auf diese Weise kann auch der osmotische Druck (π_0) bei voller Wassersättigung ermittelt werden (gestrichelte Linie). Darüber hinaus ermöglicht die extrapolierte Linie die Trennung von osmotischem Druck und Turgor für einen bestimmten Wert des Wasserpotentials. Ein derartiges Beispiel ist in Abb. 43A angedeutet.

Für den Wert des Xylemwasserpotentials $\psi_w = 10$ bar (in Abb. 43A dargestellt als $1/\psi_w = 0,1$) ist der osmotische Druck im Symplast $\pi = 18,2$ bar. Aus $\psi_w = \pi + P$ folgt, daß P (Turgor) = 8,2 bar sein muß.

Untersuchungen dieser Art haben zum ersten Mal SCHOLANDER et al. (1964) durchgeführt.

Theoretisch wurde die Methode von TYREE und HAMMEL (1972) untersucht und ihre Richtigkeit konnte dabei voll bestätigt werden.

In letzter Zeit hat RICHTER (1978) eine andere Form der Druck-Volumen-Beziehung vorgeschlagen, die besonders für die Bestimmung des Turgors vorteilhaft erscheint. Wie in Abb. 43A dargestellt, läßt sich die Verringerung der Größe V auch als Änderung des relativen Wassergehaltes (RWC) ausdrücken.

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \cdot 100 \% \quad (5)$$

(FW = Frischgewicht, SW = gesättigtes Gewicht, DW = Trockengewicht)

Ohne auf theoretische Grundlagen eingehen zu wollen, soll folgendes gezeigt werden: Geht man von der bei RICHTER vorgeschlagenen Form vom inversen Wert des relativen Wassergehaltes (RWC) aus (Abb. 43B), muß bei der Darstellung der Druck-Volumen-Beziehung das inverse Wasserpotential $\frac{1}{\psi_w}$ benutzt werden.

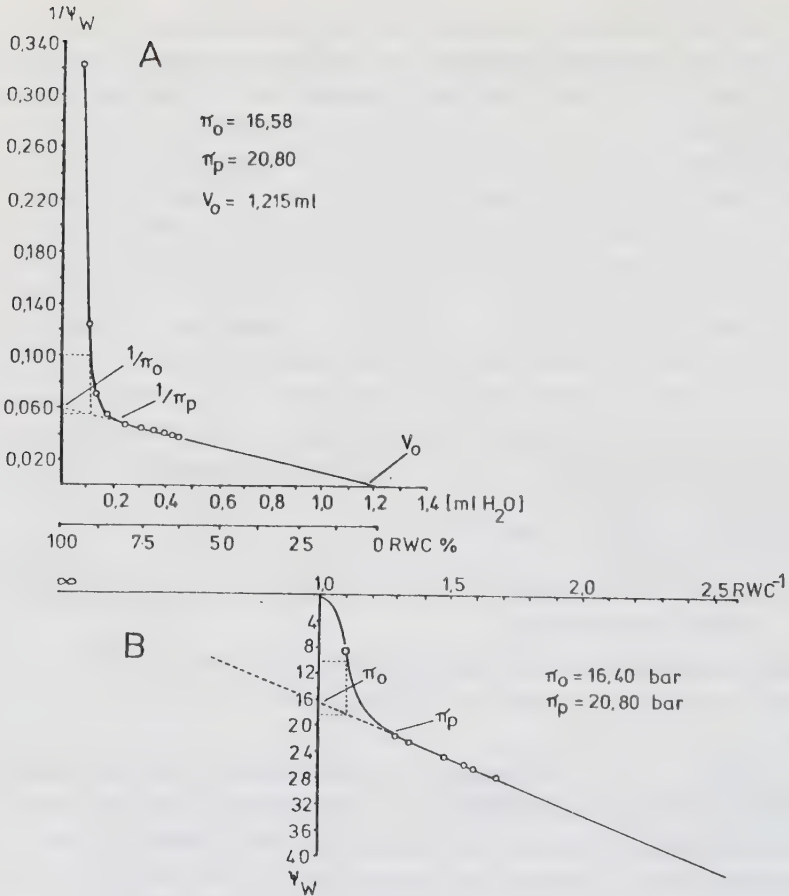


Abb. 43A: Eine Druck-Volumen-Kurve nach TYREE und HAMMEL (1972) von einer 14-jährigen Fichte.

ψ_W = Wasserpotential, π = osmotischer Druck,
 π_o = osmotischer Druck bei voller Wassersättigung,
 π_p = osmotischer Druck bei beginnender Plasmolyse,
 V_o = Wasservolumen im Symplost, RWC = relativer
Wassergehalt.

Abb. 43B: Dieselbe Beziehung umgerechnet als Zusammenhang von Wasserpotential und inversem relativen Wassergehalt nach RICHTER (1978).

ψ_W = Wasserpotential

In Abb. 43B ist dieselbe Abhängigkeit wie in Abb. 43A, jedoch nach RICHTER (1978) dargestellt. Auch das dort angedeutete Rechenbeispiel ist dasselbe wie in Abb. 43B. Da bei dieser Kurve die Werte des ψ_w ohne Inversion aufgetragen und π direkt abgelesen werden kann, eignet sich letztere nach RICHTER et al. (1979) besonders für ökologische Untersuchungen und nach GROSS (1980) für die Bestimmung des Frischeszustandes von Forstpflanzen.

Ziel dieser Untersuchung war es aus Tagesverläufen des Xylemwasserpotentials in verschiedenen Kronenebenen eines Fichtenbaumes mit Hilfe der Druck-Volumen-Technik Tagesgänge des Turgors zu berechnen und so die Bedeutung des Turgors bei der Beurteilung der Frische zu verdeutlichen.

2.8.2 Material und Methodik

Auch diese Untersuchung wurde im Forstlehrgarten des Waldbau-Institutes der Universität Freiburg in Freiburg-Günterstal durchgeführt. Als Objekt wurde eine 6,5 m hohe, etwa 14-jährige Fichte gewählt, die sich in mitten eines kleinen Bestandes befindet. Der Bestand ist ein Rest des ehemaligen Baum-schulstandortversuches von Professor Dr. Schmidt-Vogt.

Charakteristiken des Bestandes:	Alter	- 14 Jahre
	Mittlere Höhe	- 6,5 m
	Verband	- 0,9 x 0,9 m

Die für die Untersuchung ausgewählte Fichte hat einen BHD von 6,6 cm. Die untersten Äste sind bis zu 1 m hoch trocken. Gewählt wurde ein größerer Baum, weil er im Vergleich mit einer kleinen Forstpflanze den Vorteil bietet eine große Krone zu haben. Dies erlaubt die Entnahme von einer größeren Anzahl von Zweigen für die Tagesgang-Messungen des Wasserpotentials, ohne daß die vorhandene Nadelmasse nennenswert verringert wird. Aus wasserhaushaltsphysiologischer Sicht dürfte es zwischen einem 14-jährigen Fichtenbaum und einer z.B. 4-jährigen Fichtenpflanze kaum Unterschiede geben.

Methodisch wurde folgendermaßen vorgegangen:

Am 18. Juli 1979 wurde eine Tagesgangmessung des Xylemwasserpotentials von Zweigen durchgeführt. Es war ein strahlungsreicher Sommertag. Zweige wurden vom oberen (3. Quirl), mittleren (5. Quirl) und vom unteren Kronenteil (7. und vorletzter Quirl) abgenommen. Benutzt wurden immer nur Zweige 3. Ordnung. Zusätzlich wurde zwischen den Himmelsrichtungen Nord und Süd unterschieden, so daß letztlich für jede Kronenebene 2 Tagesverläufe gewonnen werden konnten. Die Untersuchung begann im frühen Morgengrauen, um auch das sogenannte Dämmerungs-Wasserpotential ("predawn potential") zu erfassen und sie wurde am Abend, kurz vor Einbruch der Dunkelheit, beendet.

Für die Berechnung des Turgors aus den gemessenen Werten des Xylemwasserpotentials wurden mit einigen Zweigen Druck-Volumen-Kurven sowohl nach TYREE und HAMMEL (1972) als auch nach RICHTER (1978) hergestellt. Dazu diente eine Druckkammer mit Temperatur-Regelung. Dies war nötig, da die Temperatur in der Druckkammer bei Druckanstieg infolge adiabatischer Vorgänge steigt. Da das Xylemwasserpotential eine thermodynamische Größe ist, sind Fehler als Folge von Temperaturschwankungen nicht ausgeschlossen (GROSS, 1980). Es wurde die Temperatur = 20°C gewählt.

Die Druck-Volumen (pV)-Kurven wurden nach der im Waldbau-Institut modifizierten Methode von TYREE und HAMMEL (1972) produziert:

Ein Fichtenzweig wird zunächst ins Wasser gestellt und 48 Stunden in feuchter Atmosphäre und in Dunkelheit bis zur vollen Aufsättigung aufbewahrt. Vor Beginn der Messung wird der Zweig gewogen (= SW-gesättigtes Gewicht) und gleich danach wird das Wasserpotential bei voller Sättigung gemessen. Nach dieser Messung muß der Druck in der Druckkammer etwa um 5 - 8 bar erhöht werden. Die Menge des aus dem Zweig ausströmenden Wassers wird mit Hilfe eines kleinen mit Saugpapier vollgestopften Plastikbehälters von der Schnittfläche des Zweiges gesammelt und durch Wiegen ermittelt. Nach einer halben Stunde wird der Überdruck in der Druckkammer etwa um 50 - 60 % gesenkt. Der neue

Wert des Wasserpotentials im Zweig liegt dann zwischen dem vorherigen Wert und dem Wert des Überdrucks. Durch neuerlichen Druckanstieg wird der korrekte Wert des Wasserpotentials ermittelt. Der Druckanstieg muß jedoch sehr langsam erfolgen (0,2 bar je Minute), erstens um die Temperaturregelung in der Druckkammer so wenig wie möglich zu stören und zweitens um den Widerstand des Xylems für das strömende Wasser im Zweig zu berücksichtigen. Zu schneller Druckanstieg kann sonst zu Fehlern führen. Diese Prozedur wird solange wiederholt bis genügend Punkte für die Konstruktion der pV-Kurve vorhanden sind. Der lineare Anteil der Kurve wird mit Hilfe einer Regressionsgeraden konstruiert.

Erfahrungsgemäß verdampft oft Wasser aus dem Zweig ins Innere der Druckkammer, auch wenn diese innen mit feuchtem Filterpapier ausgekleidet ist. Dieser Wasserverlust muß häufig dadurch ermittelt werden, indem der Zweig aus der Druckkammer herausgenommen und gewogen wird. Etwaige Differenzen zu den von der Schnittfläche des Zweiges gesammelten Wassermengen müssen berücksichtigt und korrigiert werden.

Nach Herstellung der pV-Kurve (= Dauer 10 Stunden) wird der Zweig 48 Stunden im Trockenschrank getrocknet und dann gewogen (= DW-Trockengewicht). Für jeden Punkt der pV-Kurve wird der entsprechende relative Wassergehalt (RWC) ermittelt und mit den inversen Werten des RWC die Kurve nach RICHTER (1978) umgerechnet.

Zur Konstruktion der Abbildungen muß noch folgendes klargestellt werden:

Aus der Theorie des Wasserpotentials geht hervor, daß das Wasserpotential (Ψ_W) und das osmotische Potential (Π) negative Werte sind. Je mehr eine Pflanze Wasser verliert, umso negativer wird der Wert von Ψ_W . In Abb. 44 und im Text wird jedoch auf das negative Vorzeichen verzichtet. Nur die Abb. 45 wurde physikalisch korrekt konstruiert, da die positive Größe P (Turgor) dargestellt werden mußte.

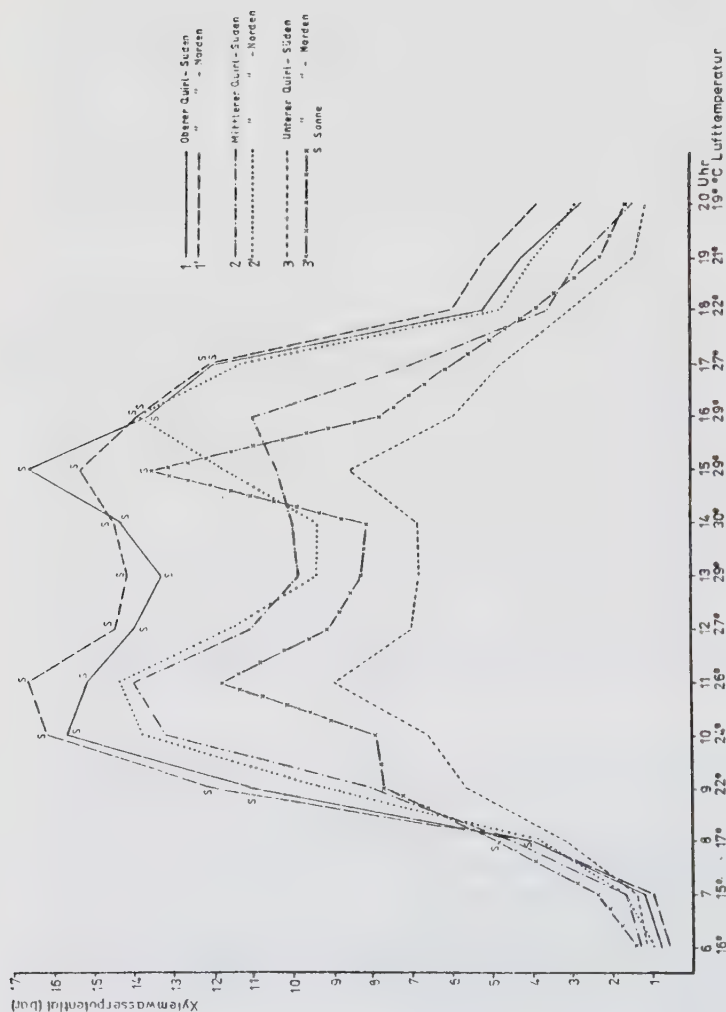


Abb. 44: Tagesverlauf des Xylemwasserpotentials in Zweigen des 3. 5. und 7. Quirls (von oben) einer 14-jährigen Fichte im Bestand. Die besonnenen Kronenteile (S) weisen die höchsten Werte auf. In der ganzen Krone macht sich eine sogenannte Mittagsdepression bemerkbar. Die Messungen fanden am 18.7.79 statt. Es war ein warmer, strahlungsreicher Tag.

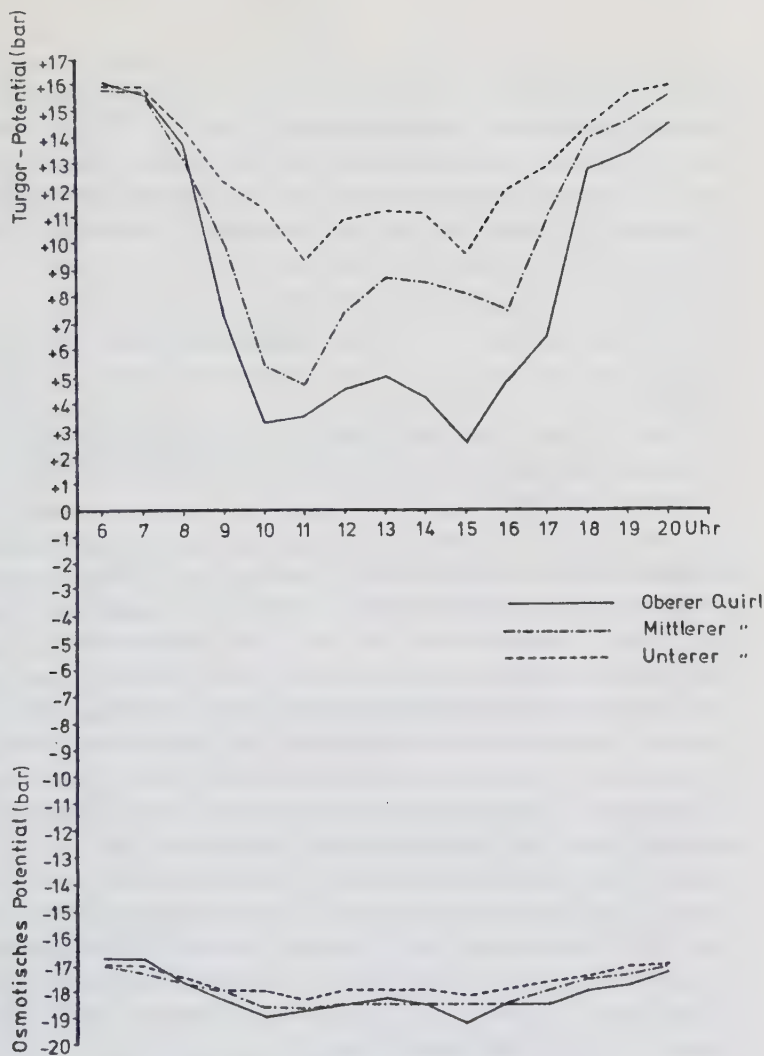


Abb. 45: Aus den Tagesverläufen des Xylemwasserpotentials 1, 2 und 3 aus Abb. 44 wurden mit Hilfe der pV-Kurven in Abb. 43B und nach Gleichung (1) Tagesverläufe des Turgors (P) und des osmotischen Drucks (Π) umgerechnet.

2.8.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Tagesgangmessung vom 18.7.1979 sind in der Abb. 44 zusammengefaßt. Die Werte des Wasserpotentials sind als positive Werte aufgetragen, was für ökologische Untersuchungen vorteilhaft erscheint, da negative Werte leicht zu Mißverständnissen führen können. Bei der Betrachtung der Abb. 44 fallen zwei Dinge besonders auf.

- a) Alle Tagesgänge weisen eine sogenannte Mittagsdepression auf und
- b) zwischen den einzelnen Kronenebenen einerseits und den Himmelsrichtungen Norden und Süden andererseits gibt es markante Unterschiede.

Für die Interpretation der Mittagsdepression ist zunächst die allgemeine Erkenntnis wichtig, wonach ein Absinken des Wasserpotentials mit einer Verbesserung des Wasserzustandes der ganzen Krone gleichzusetzen ist. So eine Verbesserung ist jedoch nur dann möglich, wenn die Transpiration trotz hoher Evaporationsbeanspruchung, die erfahrungsgemäß am Mittag immer am höchsten ist (stärkste Sonnenstrahlung, niedrigste relative Luftfeuchte), wesentlich gedrosselt wird. Dies kann die Pflanze nur durch Spaltenschluß erreichen. Diese Überlegung entspricht genau den Ergebnissen von GROSS und PHAM (1978), die gerade den Zusammenhang zwischen Wasserpotential und Öffnungszustand der Spaltöffnungen bei kleineren Fichten untersucht haben. Dabei stellte es sich heraus, daß die Mittagsdepression an strahlungsreichen Tagen auch bei mit Wasser gut versorgten Bäumen oft vorkommt. Zum gleichen Ergebnis gelangte auch LANGE und MEYER (1979) bei Obstbäumen.

Obwohl die Öffnungs- bzw. Schließbewegungen der Stomata recht komplizierte und zum Teil noch nicht genau geklärte Vorgänge sind und auf Einzelheiten hier nicht eingegangen werden soll, darf dennoch festgestellt werden, daß Stomataschluß mit Turgorverlust einhergeht. Aus diesem Grunde wurden drei Verläufe (1, 2 und 3) aus Abb. 44 mit Hilfe der in Abb. 43 dargestellten pV-Kurven in Tagesgänge von Turgor und osmotischem Potential

umgerechnet (Abb. 45) um festzustellen, ob Turgorverlust die Ursache für die Schließung der Stomata sein kann. Tatsächlich verringert sich der Turgor zumindest in der Oberkrone von ursprünglich etwa 16 bar auf 3 - 4 bar um 10 Uhr und um 15 Uhr. Diese Werte sind vom Punkt des vollständigen Turgorverlustes (= 21 bar) nicht mehr weit entfernt, so daß die oben angedeutete Frage vorsichtig bejaht werden kann.

Während die Interpretation der Verhältnisse in der Oberkrone noch relativ einfach erscheint, bereitet die Interpretation der Tagesgänge aus der Kronenmitte und von der Kronenbasis einige Schwierigkeiten. Wie aus Abb. 44 ersichtlich, liegen die Werte des Wasserpotentials in der Mitte und in der Basis der Krone bedeutend niedriger als oben. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß die Evaporationsbeanspruchung im schattigen Mikroklima zwischen den Baumkronen kleiner ist als im Bereich des besonnten Wipfels. Konsequenterweise ist dann der Anstieg des Wasserpotentials im unteren Kronenbereich schwächer. Auch der Abfall des Turgors (Abb. 45) ist gebremst, so daß letzterer für die Erklärung der Mittagsdepression in demselben Bereich nicht herangezogen werden kann (der Öffnungszustand der Stomata konnte leider nicht gemessen werden). Da es sich jedoch um eine Detailfrage der Pflanzenphysiologie handelt, soll in diesem Zusammenhang auf Überlegungen von LANGE und MEYER (1979) hingewiesen werden, wonach die Ausbildung der Mittagsdepression höchstwahrscheinlich nicht vom internen Wasserzustand der Pflanze abhängen kann. Vielmehr scheint es eine Reaktion auf einen Komplex von Außenfaktoren zu sein, wobei der niedrigen Luftfeuchtigkeit am Mittag eine besondere Bedeutung beigemessen werden muß.

Auch wenn die Frage der Mittagsdepression in forstwirtschaftlicher Hinsicht zunächst unwichtig erscheint, so zeigen die besprochenen Bilder, daß eine intakte, gut verwurzelte Pflanze ihren Wasserhaushalt innerhalb bestimmter Grenzen steuern kann. Sie verträgt an Tagen mit hoher Evaporationsbeanspruchung einen erheblichen Anstieg des Wasserpotentials in der Krone ohne dabei physiologisch geschädigt zu werden.

Ganz anders ist es bei Forstpflanzen, die versetzt werden. Hier tritt die wirtschaftlich sehr wichtige Problematik des Verpflanzungsschocks in den Vordergrund.

Aus mehreren breit angelegten Untersuchungen geht hervor, daß es sich dabei vornehmlich um Fragen des Wasserhaushalts handelt (SCHMIDT-VOGT und GÜRTH, 1967, SCHMIDT-VOGT und GÜRTH, 1969, GÜRTH, 1970a und b, von LÜPKE, 1972, 1973a und b, HAVRANEK, 1975, SCHMIDT-VOGT und GÜRTH, 1977, PARVIAINEN, 1979). Ungünstiger Frischezustand vor bzw. nach der Verpflanzung, Beschädigung und teilweiser Verlust des Wurzelwerks, Verschlechterung des Sproß-Wurzelverhältnisses und ungenügender Kontakt der Wurzeln mit der Erde nach der Verpflanzung sind die wichtigsten Faktoren, die den Wasserhaushalt der Pflanzen nachhaltig stören können.

Für die Beurteilung der Frische bei Forstpflanzen wurde schon früher das Wasserpotential als Kriterium herangezogen (von LÜPKE, 1973). Wenn jedoch der eher empirische Begriff "Frische" wasserhaushaltsphysiologisch verstanden werden soll, so müßte auf Grund der Ausführungen im Abschnitt 2.8.1 nicht das totale Wasserpotential (Ψ_w) sondern der Turgordruck (P) als Kriterium für die Frische angesehen werden. Eine welke Pflanze (Wasserpotential oberhalb p - Abb. 43A,B) kann sicherlich nicht als frisch angesehen werden (GROSS, 1980). Aus Abb. 43A,B geht hervor, daß bei der von uns untersuchten Fichte von Frische nur bei einem Wasserpotential unter 21 bar gesprochen werden kann. Dies gilt allerdings nur für voll ausgewachsene und verholzte Triebe. Neue und unverholzte Triebe verlieren Turgor schon bei viel niedrigeren Werten. Da jedoch Pflanzen von einer und derselben Art sich physiologisch auf Grund z.B. ihres Ernährungszustandes unterscheiden können, müßten korrekterweise für jedes Pflanzensortiment neue pV-Kurven hergestellt werden. Bisher nicht publizierte Untersuchungen des Waldbau-Instituts zeigen jedoch, daß die angegebenen Werte bei Fichte nur unerheblich variieren. Praktisch bedeutet dies, daß Fichtenpflanzen nicht mehr frisch sind, wenn zum Zeitpunkt der Aushebung ein Wasserpotential von etwa 20 bar höchstens gemessen werden kann.

2.8.4 Folgerungen

Die Frische von Forstpflanzen ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Sie wird mit Hilfe der in der Physiologie des Wasserhaushaltes üblichen Terminologie beurteilt. Es handelt sich hauptsächlich um die Begriffe relativer Wassergehalt und Wasserpotential. Aus dem Wert des mit der Scholander-Druckkammer gemessenen Wasserpotentials von Zweigen einer oder mehrerer Pflanzen, kann mit Hilfe einer Druck-Volumen-Kurve von demselben Material der entsprechende Turgordruck bestimmt werden. Der Turgordruck zeigt den Frischezustand direkt an. Änderungen des Turgors in der Krone einer Fichte während des Tages wurden dargestellt. Bei der Fichte geht der Turgor bei einem Wasserpotential von etwa 20 - 21 bar verloren.

3 Gesamtzusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist eine Studie über die Qualität von Forstpflanzen der Baumarten Fichte, Kiefer und Tanne. Die Untersuchungen wurden in zwei getrennten Phasen durchgeführt. Einmal wurden die Merkmale gemessen, die zur Charakterisierung der morphologischen Pflanzenqualität dienen, zum anderen sollten Messungen zum Wasserhaushalt der Pflanzen Aussagen über einen Teilbereich der physiologischen Pflanzenqualität ermöglichen.

3.1 Untersuchungen zur Charakterisierung der morphologischen Pflanzenqualität

Ziel dieses Teils der Arbeit war, die Aussage von AKSOY (1965) zu überprüfen. Nach diesem Autor reagieren Forstpflanzen bei ihrem Anbau in der BRD je nach Klimabereich verschieden: "Junge Fichtenpflanzen, die im norddeutschen Küstengebiet angezogen werden, zeigen höhere Leistungen als die im süddeutschen Binnenland angezogenen Pflanzen. Die Überlegenheit des ozeanischen Bereiches ist bei den Merkmalen Sproßhöhe und Wurzelhalsdurchmesser der Pflanzen geringer als beim Wurzel- und besonders beim Pflanzengewicht. Im Gegenteil dazu entwickeln sich junge Kiefernpflanzen jedoch im süddeutschen Binnenbereich besser als im ozeanischen Bereich. Die Überlegenheit des Binnenlandes drückt sich bei dieser Baumart hauptsächlich in einem höheren Wurzelgewicht und weniger beim Pflanzengewicht aus".

Bei den für die vorliegende Arbeit durchgeführten Untersuchungen wurde folgendes Material verwendet:

- a) 2900 Fichtenpflanzen in den Altersstufen 2+0, 2+1 und 2+2 aus 17 verschiedenen Baumschulen im Norden, in der Mitte und im Süden Deutschlands. Dabei wurden folgende Herkunftsefaßt: 84001, 84002, 84003, 84007, 84008, 84009, 84011, 84013, 84014, 84017, 84019, 84020 und 84023.
- b) 1950 Kiefernpflanzen in den Altersstufen 1+0, 2+0 und 1+1 aus 14 verschiedenen Baumschulen, die ebenfalls über die drei Bereiche verteilt waren. Hier erstreckte sich die Untersu-

chung auf folgende Herkünfte: 85103, 85104, 85111, 85115, 85116, 85117, 85118, 85120 und 85122.

Für beide Baumarten zusammen wurden 4850 Pflanzen untersucht. Je Herkunft und je unterschiedlicher Altersstufe wurden 50 Pflanzen gemessen (Stichprobengröße), von den Baumschulen waren insgesamt 97 dieser Stichproben zur Verfügung gestellt worden. Bei den Pflanzen wurden die folgenden Merkmale untersucht: Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Stufigkeit (H/D-Verhältnis), Wurzeltrockengewicht, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent. Unter Wurzelprozent versteht man den Anteil des Wurzelgewichtes im Verhältnis zum Gesamtgewicht der Pflanzen. Für die Berechnung des Wurzelprozents wurde ebenfalls das Trockengewicht herangezogen.

Die Vergleiche der Stichprobenmittelwerte wurden auf folgende Weise durchgeführt:

- A) Vergleich der Mittelwerte der Merkmale aus jeder Altersstufe in den drei Bereichen,
- B) für jedes Merkmal wurde der Mittelwert der Bereiche Mitte + Süden zusammengefaßt und für jede Altersstufe mit dem Mittelwert des Bereiches Norden verglichen.

Bei einer anderen - ebenfalls in der vorliegenden Arbeit angewandten - Methode wurden alle Stichproben in Sproßhöhenstufen eingeteilt: 10 cm-Stufen für die verschulten Pflanzen und 5 cm - Stufen für die Sämlinge. Zweck dieser Untersuchungen war es, Fehler auszuschalten, die durch eine nicht zufällige Auswahl der Pflanzen in den Baumschulen in Bezug auf die Höhensortierung hätten auftreten können. Dabei wurden jeweils die Sproßhöhenstufen mit der größten Belegungszahl untereinander verglichen.

Die Resultate der in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen wurden mit Hilfe des t-Testes auf ihre statistische Absicherung überprüft. Dabei ergab sich, daß die drei Bereiche für die Anzucht von Fichtenpflanzen gleichwertig sind, denn zwischen den Merkmalen Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzeltrockengewicht und Pflanzentrockengewicht wurden keinerlei Unterschiede festgestellt. Die einzigen Unterschiede wurden beim

Merkmal Wurzelprozent für die Altersstufen 2+1 und 2+2 beobachtet. Dabei fanden sich die höheren Werte in dem Bereich Mitte+Süden. Bei einer Berechnung des Wurzelprozents mit den bei AKSOY gefundenen Werten ergab sich ebenfalls eine Überlegenheit des Binnenlandes. Die Ergebnisse bei den Kiefernpflanzen zeigten nur in der Altersstufe 1+0 statistisch signifikante Unterschiede für die Merkmale: Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Pflanzentrockengewicht und Wurzelprozent. Hier fanden sich die höheren Werte im Norden, womit die Aussage von AKSOY widerlegt wird. Als einzige Ausnahme zeigten sich beim Wurzelprozent die höheren Werte in den Bereichen Mitte und Süden. Es ist darauf hinzuweisen, daß im Verhältnis Sproßhöhe/Wurzelhalsdurchmesser keinerlei Unterschiede festgestellt werden konnten, obwohl jeweils für sich bei der Sproßhöhe und beim Wurzelhalsdurchmesser Unterschiede auftraten.

Wie oben näher ausgeführt, wurden die Stichproben in Sproßhöhenstufen eingeteilt. Die Mittelwerte der Sproßhöhenstufen mit den größten Pflanzenzahlen wurden in den drei Bereichen miteinander verglichen.

Bei den Fichtenpflanzen ergab sich lediglich in den Altersstufen 2+1 und 2+2 ein statistisch signifikanter Unterschied für das Wurzelprozent, der zu Gunsten der Bereiche Mitte und Süden ausfiel. Die Kiefernpflanzen wiesen nur in der Altersstufe 1+0 statistisch signifikante Unterschiede für die Merkmale Wurzelhalsdurchmesser und Wurzelprozent auf. Die Altersstufen 2+0 und 1+1 zeigten Unterschiede im Verhältnis Sproßhöhe/Wurzelhalsdurchmesser und beim Wurzelprozent. Diese Resultate begünstigten den Bereich Mitte.

Aus den obigen Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß bei den erwähnten Baumarten unterschiedliche Klimabereiche in der Bundesrepublik Deutschland keinen nennenswerten Einfluß auf die Anzucht von Forstpflanzen ausüben.

3.2 Untersuchungen über den Wasserhaushalt

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen Ansätze zur Beurteilung der physiologischen Qualität von Forstpflanzen zu erarbeiten.

Dabei wurden nur Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Pflanzen durchgeführt. Mit Hilfe der Scholander-Druckkammer wurde das Xylemwasserpotential in Zweigen von Forstpflanzen gemessen und neben der Klärung einiger methodischer Probleme wurden folgende Fragen bearbeitet:

- a) Die Entwicklung des Wasserhaushaltes von Fichtenpflanzen nach unterschiedlich langer Austrocknung vor der Verpflanzung in verschiedenen Jahreszeiten,
- b) Wasserhaushalt von 6- und 8-jährigen Tannenpflanzen mit unterschiedlich starkem Wurzelschnitt nach der Verpflanzung,
- c) Einfluß des Standraumes im Versuchsbeet auf den Wasserhaushalt von Fichtenpflanzen,
- d) Bestimmung des Frischezustandes mit Hilfe des Turgors (abgeleitet vom Xylemwasserpotential).

3.2.1 Zusammenhang zwischen Xylemwasserpotential und morphologischen Merkmalen bei unterschiedlich langer Austrocknungsdauer

Ziel der Untersuchungen war es, festzustellen, in welchem Maße die Pflanzen nach einer bestimmten Austrocknungszeit noch in der Lage waren, Wasser aus dem Boden aufzunehmen, bzw. aufzuzeigen, in welchem Umfang die Pflanzen gegen einen bestimmten Wasserverlust resistent waren. Der Versuch ist in drei verschiedenen Jahreszeiten wiederholt worden: im Spätsommer 1978, im Frühling und Sommer 1979. Insgesamt wurden 96 Pflanzen verwendet, bzw. 32 an jedem der angegebenen Zeitpunkte. Die Pflanzen wurden ausgehoben, der Boden wurde abgeschüttelt und die Pflanzen verschieden lang in der Sonne ausgetrocknet. Gleich nach der Austrocknungszeit wurden die Pflanzen im Freiland ausgepflanzt.

Folgende Kriterien zur Ermittlung der Erholungszeit der Pflanzen wurden beobachtet:

- a) Resistenz gegen Austrocknung (Messungen des Xylemwasserpotentials gleich nach den unterschiedlichen Austrocknungsperioden).
- b) Messungen des Xylemwasserpotentials in verschiedenen Zeitabschnitten nach dem Versetzen.
- c) Überlebensrate der Pflanzen.

An jeder Pflanze wurden zwei Zweige entnommen, um die Messungen des Xylemwasserpotentials unmittelbar nach der Austrocknungsperiode durchführen zu können: ein Zweig aus dem obersten Quirl und der andere aus dem untersten Quirl. Es wurden ausschließlich Zweige erster Ordnung untersucht.

Die Auswahl der Pflanzen wurde nach dem Mittelwert des Verhältnisses Sproßlänge / Durchmesser am Wurzelhals (der Stufigkeit) durchgeführt. Zunächst wurde diese Stufigkeit für eine große Zahl von Pflanzen berechnet. Danach wurden folgende Pflanzengruppen ausgewählt:

A 1: Pflanzen mit einem Stufigkeitswert unter dem errechneten Durchschnitt.

A 2: Pflanzen mit einem Stufigkeitswert über dem errechneten Durchschnitt.

Die unterschiedliche Austrocknungsdauer (nach Ausheben aller Pflanzen) wurde wie folgt festgelegt.

B 0: Austrocknungsdauer 0 Minuten (Kontrollpflanzen).

B 1: Austrocknungsdauer von 15 bis 30 Minuten.

B 2: Austrocknungsdauer von 60 bis 75 Minuten.

B 3: Austrocknungsdauer von 120 bis 135 Minuten.

In Abhängigkeit von der Stellung der Zweige an den Pflanzen wurden außerordentlich große Schwankungen der Xylemwasserpotentialwerte festgestellt, obwohl die Pflanzen der Sonne einheitlich ausgesetzt waren. In den meisten Fällen waren die Werte des Xylemwasserpotentials bei jenen Zweigen höher, die sich am unteren Teil der Pflanze befanden.

Die verschiedenen Jahreszeiten haben einen entscheidenden Einfluß auf das Erholungsvermögen ausgeübt. Der Sommer war die einzige Jahreszeit, in der die Pflanzen überhaupt keine Erholung der Xylemwasserpotentialwerte (17 Tage nach der Auspflanzung) zeigten. Hier betrug die Mortalitätsrate, die innerhalb zweier längerer Austrocknungszeiten festgestellt wurde, 33 %. Im Frühling und Spätsommer dagegen betrug die Überlebensrate 100 %. Das Xylemwasserpotential zeigte sich in diesen beiden Jahreszeiten 33 bzw. 62 Tage nach dem Auspflanzen vollständig erholt.

Mit zunehmender Verlängerung der Austrocknungsdauer ist eine Erhöhung der Werte des Xylemwasserpotentials ermittelt worden. In allen Jahreszeiten ergab sich eine hochsignifikante Differenz zwischen den Xylemwasserpotentialswerten der Kontrollpflanzen und den Pflanzen, die 15 bis 30 Minuten der Sonne ausgesetzt waren. Im Frühling und im Spätsommer sind die Xylemwasserpotentialwerte ab 60 bis 75 Minuten Austrocknungszeit nur noch wenig gestiegen. Dagegen stabilisierten sich die Werte im Sommer schon nach einer Austrocknungsdauer von 15 bis 30 Minuten.

Nach der Auspflanzung ist die Geschwindigkeit und Intensität der Erholung eng mit dem Wassergehalt des Bodens und mit anderen Umweltbedingungen verbunden. Von allen untersuchten morphologischen Merkmalen ist die Stufigkeit das einzige, bei dem eine Korrelation zur Erholungsfähigkeit festgestellt wurde, sofern die Pflanzen keinem sehr hohen Wasserstreß ausgesetzt werden.

3.2.2 Wasseraufnahmefähigkeit von 6- und 8-jährigen Tannenzapfen mit unterschiedlich beschnittener Wurzel

Für die einzelnen Varianten wurden jeweils 25 %, 50 % oder 75 % der Länge der Hauptwurzel abgeschnitten. Die Kontrollpflanzen wurden nicht beschnitten. Die Pflanzen wurden in drei Klassen nach Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser und Stufigkeit eingeteilt.

Die Dimensionen der Pflanzen innerhalb der Gruppen waren einheitlich.

Die Xylemwasserpotentialmessungen fanden zwischen 4 und 6 (oder 7) Uhr morgens statt. Zu dieser Tageszeit läßt sich am besten feststellen, ob sich die Pflanzen während der Nacht vom tagsüber erlittenen Wasserverlust erholt haben. Diese Messungen wurden in verschiedenen Zeiträumen nach der Pflanzung durchgeführt. Die Zweige für die Messungen wurden aus dem obersten Quirl und jeweils aus der gleichen Himmelsrichtung genommen.

Die Untersuchungsergebnisse ließen den Schluß zu, daß die 6-jährigen Pflanzen sich schneller vom Wurzelschnitt erholten. Die Xylemwasserpotentialwerte waren unter gleichen Untersuchungsbedingungen immer geringer als bei den 8-jährigen Pflanzen. 60 Tage nach der Pflanzung wiesen die Xylemwasserpotentialwerte der 6-jährigen Pflanzen in den einzelnen Varianten nur noch geringe Abweichungen auf. Hingegen zeigten die 8-jährigen Pflanzen 85 Tage nach der Pflanzung noch keine Erholung. Diese Feststellungen werden auch durch die vorhandene Literatur bestätigt, denn die 6-jährigen Pflanzen besitzen eine geringere Sproßhöhe und eine größere Stufigkeit als die 8-jährigen und haben somit eine geringere Transpirationsoberfläche.

3.2.3 Wasseraufnahmefähigkeit von 6-jährigen Fichtenpflanzen in verschiedenen Standräumen

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Reaktion von 6-jährigen Fichtenpflanzen bezüglich ihrer Wasserbilanz in Parzellen mit unterschiedlichen Standräumen zu beobachten. Dadurch sollte festgestellt werden, welchen Einfluß der Standraum auf die Wasseraufnahmefähigkeit (geschätzt über den Verlauf des Wasserpotentials) der Pflanzen aus dem Boden hat. In jeder Parzelle wurden die folgenden Varianten untersucht:

<u>Variante</u>	<u>Standräume</u>
0	15 x 20 cm (Kontrollverband)
1	30 x 20 cm
2	45 x 20 cm
3	60 x 20 cm

Die stündlich durchgeführten Messungen des Xylemwasserpotentials begannen um 4 Uhr und endeten um 19 oder 20 Uhr. Es wurden 96 Pflanzen ausgewählt, deren Dimensionen einheitlich waren, d.h. die Dimensionen der ausgewählten Pflanzen ließen sich in drei unterschiedliche Größenklassen einordnen und zwar nach den folgenden morphologischen Merkmalen: Sproßhöhe, Wurzelhalsdurchmesser und das Verhältnis Sproßhöhe/Wurzelhalsdurchmesser.

Die Messungen wurden in vier verschieden langen Zeitabständen (24, 48, 53 und 55 Tage) nach der Versuchsanlage durchgeführt. Die Zweige für die Messungen wurden aus dem obersten Quirl und jeweils aus der gleichen Himmelsrichtung genommen.

Die Ergebnisse sind nicht eindeutig, so daß keine Schlüsse über den Tagesgang des Wasserpotentials in Abhängigkeit von verschieden weiten Standräumen gezogen werden können. Sehr deutlich ist jedoch der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Werte des Dämmerungspotentials nachzuweisen (Abb. 39 - 42). Während im Juni und Anfang Juli 1979 die Werte sehr niedrig waren (1-2 bar) stiegen sie infolge Bodenaustrocknung im weiteren Verlauf des Juli 1979 auf 3-5 bar. Auffallend ist die ausgeprägte Mittagsdepression am 12. Juli 1979, deren Ausbildung trotz günstiger Bodenfeuchte stattfand.

3.2.4 Die Bestimmung des Frischezustandes mit Hilfe des Turgors, dargestellt an einer 14-jährigen Fichte

Für die Beurteilung der Frische von Forstpflanzen wird in zunehmender Weise das Wasserpotential (gemessen mit der Druckkammer) herangezogen. Dabei muß beachtet werden, daß der Wert

des Wasserpotentials mit Hilfe der sogenannten Druck-Volumen-Beziehung in seine Komponenten Turgor und osmotischer Druck zerlegt werden kann.

An einem Beispiel wird demonstriert, daß aus einem Tagesgang des Xylemwasserpotentials Tagesgänge sowohl des Turgors als auch solche des osmotischen Druckes berechnet werden können. Gleichzeitig wird verdeutlicht, daß von einem Zustand der Frische nur dann gesprochen werden kann, wenn Pflanzen turgeszent sind. Die Fichte verliert ihren Turgor etwa bei 21 bar.

3 Resumo geral

O presente trabalho é um estudo sobre a qualidade de plantas de algumas coníferas. As pesquisas foram efetuadas em duas partes distintas e abrangem parâmetros que conceituam as qualidades morfológica e fisiológica de plantas das espécies pesquisadas: Fichte (Picea abies), Tanne(Abies alba) und Kiefer (Pinus silvestris).

Parâmetros morfológicos são os que estão correlacionados com as características externas das plantas. Parâmetros fisiológicos são os que se correlacionam com a movimentação de água no ciclo solo-planta-atmosfera e com o estado do teor nutritivo das plantas.

3.1 Material e parâmetros morfológicos pesquisados

A finalidade desta primeira fase do trabalho foi a verificação da afirmativa de AKSOY (1965), que concluiu que as reações das plantas florestais são bastante diferentes, variando em conformidade com o clima: Plantas jovens de Fichte, produzidas na região da costa oceânica da Alemanha apresentam superior desenvolvimento do que as plantas produzidas na região Centro-Sul. Esta superioridade da região oceânica é maior em relação ao peso das raízes e principalmente ao peso das plantas, do que em relação à altura e diâmetro de colo. Ao contrário, as plantas jovens de Kiefer desenvolvem-se melhor na região Centro-Sul do que na região da costa. A superioridade desta última espécie mencionada é maior em relação ao peso das raízes do que ao peso das plantas.

As pesquisas aqui efetuadas abrangem o seguinte material:

- a) 2.900 plantas des Fichte, com idades de 2+0, 2+1 e 2+2 anos, produzidas em 17 viveiros situados nas regiões Norte, Centro e Sul da Alemanha (veja figura 1). As procedências pesquisadas foram: 84001, 84002, 84003, 84007, 84008, 84009, 84011, 84013, 84014, 84017, 84019, 84020 e 84023 (veja figura 2).
- b) 1.950 plantas de Kiefer, com idades de 1+0, 2+0 e 1+1 anos,

produzidas em 14 viveiros localizados geograficamente nas três regiões citadas (veja figura 1). As procedências pesquisadas foram: 85103, 85104, 85111, 85115, 85116, 85117, 85118, 85120 e 85122 (veja figura 3).

Portanto, o total foi de 4.850 plantas e como cada amostra continha 50, trabalhou-se com 97 amostras.

Em ambas as espécies foram pesquisados os seguintes parâmetros: altura, diâmetro de colo, proporção entre altura e diâmetro de colo, peso seco das raízes, peso seco total e percentagem de raízes. Entende-se sob a denominação deste último parâmetro, a participação do peso do sistema radicular em relação ao peso total da planta. Este parâmetro foi pesquisado também em peso seco.

A comparação das médias dos parâmetros obedeceram aos seguintes critérios:

- A) Comparação pura e simples de cada um dos parâmetros nas regiões Norte, Centro e Sul, em cada uma das idades pesquisadas.
- B) Para cada parâmetro, calculou-se média comum às regiões Centro + Sul. Esta média comum foi comparada com a média da região Norte, em cada idade pesquisada. Com o objetivo de obtenção de um outro tipo de informações, foram as plantas separadas também em classes de altura: 10 cm para as plantas repicadas e 5 cm para as não repicadas. Dentro dos critérios esclarecidos em A) e B) foram comparados as médias dos parâmetros (diâmetro de colo, proporção entre altura e diâmetro de colo, peso seco de raízes, peso seco total e percentagem de raízes), porem dentro de uma mesma classe de altura - em cada idade - que apresentasse a maior frequência.

Os resultados das pesquisas efetuadas neste trabalho foram analisadas por meio do teste t e deixam claro que (com referência às comparações de amostras) as três regiões são equivalentes para a produção de plantas de "Fichte", pois nenhuma diferença estatística significativa foi observada, em relação aos parâmetros: altura, diâmetro de colo, peso seco das raízes e peso seco das plantas. A única diferença verificada

limitou-se à percentagem de raízes (para as idades 2+1 e 2+2) cujos resultados favoreceram às regiões Centro e Sul, contrariamente ao verificado por AKSOY (1965). Com referência às amostras de Kiefer, os resultados apontaram diferença estatística significativa entre os parâmetros: altura, diâmetro de colo, peso seco das plantas e percentagem de raízes somente para a idade 1+0. As diferenças foram favoráveis à região Norte, contrariamente ao que foi concluído por AKSOY (1965). A única exceção foi a percentagem de raízes, cuja diferença favoreceu às regiões Centro e Sul. Deve-se realçar que, apesar de ter existido diferença para os parâmetros altura e diâmetro de colo, nenhuma diferença foi observada para a proporção entre estes parâmetros mencionados.

De acordo com as razões explicadas anteriormente, as amostras foram separadas em classes de altura. As médias das segundo classes de maior frequência nas três regiões foram comparadas entre si. Para Fichte foi observada diferença significativa apenas para o parâmetro diâmetro de colo, nas idades 2+1 e 2+2 anos, cujos resultados foram favoráveis às regiões Centro e Sul. Para Kiefer, houve diferenças estatísticas significantes para a idade 1+0, com referência aos parâmetros altura, diâmetro de colo e percentagem de raízes. Para as idades 2+0 e 1+1 foram verificadas diferenças para os parâmetros: proporção entre altura e diâmetro de colo, assim como para percentagem de raízes, diferenças que favoreceram à região central.

Pode-se concluir que o clima de Alemanha não exerceu importante influência no desenvolvimento de plantas das espécies mencionadas. O desenvolvimento é mais fortemente influenciado pelas técnicas de produção, entre as quais se sobressaem: adubação, época de repicagem, densidade e tipo de solo.

3.2 Material e parâmetros fisiológicos

Esta segunda parte da Dissertação trata de um Tema ainda insuficientemente pesquisado em todo o mundo. Os parâmetros fisiológicos estão associados à capacidade de absorção de água pelas plantas, assim como à capacidade de retenção da umidade absorvida. Estes parâmetros são os seguintes: tensão de absorção e teor de umidade, assim como o estado nutricional das plantas.

Em todas as pesquisas para a determinação da tensão de absorção foi empregado o método de SCHOLANDER et al. (1965).

Algumas pesquisas preliminares prestaram decisivas informações sobre: variações dos valores do Potencial Hídrico dos ramos e acículas de uma só planta, tipo de amostras que no presente caso deveria ser coletada (ramos), onde coletar estas amostras, como manter o teor de umidade das amostras durante as medições do Potencial Hídrico e ainda que é possível trabalhar-se com quantidade razoavelmente grande de plantas, para garantia da representatividade estatística, em relação ao total de plantas da população.

Com base nestas informações preliminares foram efetuadas as seguintes pesquisas:

3.2.1 Comportamento de plantas de Fichte de 6 anos, submetidas a diversos períodos de secagem ao sol e em diferentes estações do ano

O objetivo deste experimento foi pesquisar as características que as plantas devem possuir, a fim de apresentarem maior capacidade de absorção de água do solo, assim como maior resistência contra perda de umidade.

O experimento foi repetido em três épocas: Verão tardio de 1978, Primavera e Verão de 1979. Foi utilizado um total de 96 plantas, isto é, 32 para cada época. As plantas foram submetidas a diferentes períodos de secagem ao sol (com suas raízes sem terra) e plantadas imediatamente após o término dos respectivos períodos.

Os critérios para a verificação da reação das plantas foram:

a) Resistência contra secagem.

Em cada planta foi medido o Potencial Hídrico em dois ramos: do primeiro verticilo superior e do primeiro verticilo inferior, sempre de primeira ordem e de uma só direção cardeal, imediatamente após cada período de secagem (veja tabelas 27 a 41).

b) Recuperação do Potencial Hídrico.

Em cada planta foi medido o Potencial Hídrico de ramos (só do primeiro verticilo superior) em diferentes épocas após o plantio. Como no item anterior, foram utilizados somente ramos de primeira ordem e da mesma direção cardeal (veja tabelas 27 a 41).

c) Percentagem de sobrevivência.

A escolha das plantas foi feita em função da média da proporção entre altura e diâmetro de colo, a qual foi previamente calculada.

Foram empregados os seguintes tratamentos:

A 1: Plantas com valor absoluto da proporção já mencionada, abaixo da média calculada.

A 2: Plantas com valor absoluto da proporção mencionada, acima da média calculada.

Os diferentes períodos de secagem foram designados da seguinte maneira:

B 0: Período de secagem de 0 minuto (Plantas testemunha).

B 1: Período de secagem de 15 a 30 minutos, após a retirada das plantas do canteiro.

B 2: Período de secagem de 60 a 75 minutos, após a retirada das plantas do canteiro.

B 3: Período de secagem de 120 a 135 minutos, após a retirada das plantas do canteiro.

Verificou-se existência de grande variação de valores de Potencial Hídrico, em conformidade com o lugar em que os ramos se encontram nas plantas, mesmo estando as plantas expostas ao

sol de maneira homogênea. Os valores do Potencial Hídrico foram, na maioria dos casos, mais altos nas amostras que se situavam na parte inferior das plantas.

As diferentes estações do ano exerceram decisiva influência sobre a recuperação do Potencial Hídrico. O Verão foi a única estação em que as plantas não apresentaram recuperação dos valores do Potencial. Houve nesta estação uma percentagem de mortalidade de 33 %, a qual foi verificada entre as plantas dos tratamentos das duas maiores durações de secagem. Na Primavera e no Verão tardio a taxa de sobrevivência foi 100 %. Nestas duas estações, a recuperação dos valores do Potencial Hídrico foi total. Verificou-se crescente aumento dos valores deste Potencial nas medições realizadas imediatamente após os períodos de secagem, com o aumento destes períodos. A este respeito, em todas as estações, foi encontrada enorme diferença destes valores entre as plantas testemunhas e as com período de secagem de 15 a 30 minutos. No Verão tardio e na primavera os valores do Potencial Hídrico apresentaram tendência para a estabilização a partir de 60 a 75 minutos de secagem ao sol. No Verão, esta tendência ocorreu de modo bastante claro a partir de 15 a 30 minutos. Isto significa que o fechamento dos estômatos ocorreu mais cedo.

Verificou-se que, após o plantio, a velocidade e intensidade de recuperação estão diretamente ligadas às condições ambientais e ao teor de umidade do solo. A proporção entre altura e diâmetro de colo das plantas exerceu influência sobre a recuperação, desde que o solo não apresentasse elevado deficit de água. Plantas menores e mais grossas apresentaram tendência de maior resistência contra perda de umidade por transpiração.

3.2.2 Determinação do balanço hídrico de plantas de *Abies alba* (Tanne) com 6 e 8 anos submetidas a diferentes profundidades de podas de raiz

Os tratamentos consistiram na poda de 0 % (sem poda), 25 %, 50 % e 75 % do comprimento da raiz pivotante.

A dimensões das plantas foram uniformizadas, isto é, só foram utilizadas as que se enquadrassem em três classes, referentes à altura, ao diâmetro de colo e à proporção entre estes mencionados parâmetros.

As medições do Potencial Hídrico limitaram-se a ter início às 4 horas e encerramento às 6 ou 8 horas da manhã. Neste período pode-se observar se as plantas dos diferentes tratamentos apresentaram durante a noite a recuperação da umidade perdida durante o dia. Estas medições foram realizadas em diversas épocas após o plantio. Os ramos foram retirados do primeiro verticilo superior, sempre de primeira ordem e de uma só direção cardeal (veja figuras 32 a 38).

Os resultados permitiram concluir que as plantas de 6 anos apresentaram recuperação mais rápida, pois os valores do Potencial Hídrico foram sempre inferiores, quando comparados com os das de 8 anos, em idênticas condições. Ao fim de 60 dias, as plantas mais novas apresentaram apenas pequenas diferenças nos valores do Potencial Hídrico de todos os tratamentos. Contudo, as plantas mais velhas não mostraram recuperação ao fim de 85 dias. Estas conclusões encontram apoio na literatura, pois plantas menores (6 anos) apresentaram menor superfície de transpiração que as maiores (8 anos).

3.2.3 Comportamento de plantas de Picea abies (Fichte) de 6 anos em diferentes espaçamentos no canteiro

O objetivo foi verificar o balanço hídrico das plantas, em parcelas com diferentes espaçamentos. Com isto, pretendeu-se observar a influência do espaçamento sobre a capacidade de absorção de umidade. Em um canteiro, originalmente com espaçamento entre plantas de 15 cm na fileira e 20 cm entre fileiras, foi efetuado desbaste das plantas, de tal modo a resultar nos seguintes tratamentos:

<u>Tratamentos</u>	<u>Espaçamento</u>
0	20 x 15 cm
1	20 x 30 cm
2	20 x 45 cm
3	20 x 60 cm

As medições do Potencial Hídrico foram realizadas a cada hora e tiveram início às 4 horas e se encerravam às 19 ou 20 horas. Foram escolhidas 96 plantas, cujas dimensões se enquadrassem em três classes. Cada classe para cada parâmetro morfológico: altura, diâmetro de colo e proporção entre estes dois mencionados parâmetros.

As medições foram efetuadas em 4 diferentes épocas: 24, 48, 53 e 55 dias após o desbaste. Justifica-se o pequeno intervalo entre os dois últimos dias, face à diferença das condições climáticas. As amostras foram retiradas do primeiro verticilo superior, sempre de primeira ordem e de uma só direção cardeal.

Os resultados indicaram que os tratamentos 0 (20 x 15 cm) e 3 (20 x 60 cm) apresentaram apenas uma tendência de melhor balanço hídrico. Contudo, a diferença destes dois tratamentos, em comparação com os outros restantes, não é grande.

Consequentemente, pode-se concluir que todos os tratamentos se equivalem (veja figuras 39 a 42).

O autor deste trabalho acredita que os resultados poderiam ter sido bastante diferentes, caso o desbaste pudesse ter sido realizado com antecedência de um ou mais períodos vegetativos, em relação às medições do Potencial Hídrico.

3.2.4 Determinação do teor de umidade de uma árvore de Fichte com 14 anos, com auxílio da Pressão de Turgor

De modo crescente, vem sendo utilizado o Potencial Hídrico (medido com a bomba de pressão segundo SCHOLANDER et al. 1965) para a determinação do teor de umidade de plantas florestais.

É necessário observar-se que um valor deste Potencial Hídrico (determinado através da Curva de Pressão de Volume) é constituído por dois componentes: Pressão de Turgor e Pressão Osmótica (Fig.43).

Em um exemplo foi demonstrado que, de modo similar às medições do Potencial Hídrico, no decorrer de um dia, também medições (da Pressão de Turgor e do Potencial Osmótico) podem ser efetuadas. Os resultados deste experimento conduzem à conclusão de que o estado de umidade só pode ser pesquisado quando as plantas estão túrgidas. Verificou-se que plantas de Fichte, na idade e condições deste experimento, perdem Turgor cerca de 21 bar.

4 Literaturverzeichnis

- ABETZ, P., 1969: Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben - Versuchsprogramm und erste Ergebnisse. Allg. Forst- u. Jagdztg. 140, 65-75.
- ABETZ, P.; PRANGE, H., 1975: Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung - Abschlußbericht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 146, 197-205.
- AKSOY, H., 1965: Untersuchung zur Bewertung von Jungpflanzen verschiedener Nadelbaumarten. Diss. München.
- AKSOY, H.; WEBER, E., 1966b: Einflüsse von Erbgut und Umwelt auf die Entwicklung der Koniferen-Jungpflanzen. Silvae Genetica 15, 181-189.
- ALDHOUS, V.R., 1972: Nursery practice. For. Comm. Bull. 43, London.
- ALDON, E.F., 1975: Endomycorrhizae enhance survival and growth of fourwing saltbush on coal mine spoil. US Forest Serv., Res. Note RM-294.
- ANSTEY, C., 1971: Survival and growth of 1/0 radiata pine seedlings. New Zealand J. For. 16, 77-81.
- ARMSON, K.A., 1968: The effect of fertilization and seedbed density on the growth and nutrient content of white spruce and red pine seedlings. Tech. Rep. Uni. of Toronto, 10, Kanada.
- BJÖRKMANN, E., 1956: Über die Natur der Mykorrhizabildung unter besonderer Berücksichtigung der Waldbäume und die Anwendung in der forstlichen Praxis. Forstw. Cbl. 75, 265-286.
- BLAND, W.A., 1964: Nursery production, cost reduction, quality stock production. Region 8 Forest Nurserymen's Conf. Proc., 84-85, Morganton.
- BÖHM, W., 1979: Methods of studying root systems. Berlin-Heidelberg-New York.
- BORISENKO, N.P., 1970: Die Verwendung von Kiefern-Großpflanzen in Kulturen (russ.) Lesn. Choz. 12, 40-42.
- BOSSHARD, W., 1964: Anpassung junger Forstpflanzen an veränderte Bodenverhältnisse unter Versuchsbedingungen. Beih. z. d. Zeitschr. Schweiz. Forstver. No. 34.
- BRAUN, H.P., 1970: Methode für die Untersuchung des Wasserverbrauches der Holzpflanzen. I. Das Prinzip der Methode und ihre Brauchbarkeit. Forstw. Cbl. 89, 189-194.
- 1976: Rhythmus und Größe von Wachstum, Wasserverbrauch und Produktivität des Wasserverbrauchs bei Holzpflanzen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 147, 163-168.

- 1977: Zum Wachstum und zur Produktivität des Wasserverbrauches der Baumarten Acer platanoides, L., Acer pseudoplatanus, L. und Fraxinus excelsior, L. Z. Pflanzenphysiol. 84, 459-462.
- BRYAN, W.C.; RUEHLE, J.L., 1964: Growth stimulation of sweetgum seedlings induced by the endomycorrhizal fungus Glomus mosseae. Tree Planters Notes Vol. 27, No. 2, 9-24.
- BURNS, R.M.; BRENDENMUEHL, R.H., 1971: Nursery bed density affects slash pine seedling grade and indicates field performance. US Forest Serv., Paper SE-77.
- CARNEIRO, J.G.A., 1970: Contribuição para o estudo de densidade em canteiros de plantas de Pinus taeda, L. e Araucaria angustifolia, Bert.O.Ktze. (Brasilien) Techn. Bull. No. 19, Agric. Sec. Paraná, Curitiba.
- 1976: Determinação do padrão de qualidade de mudas de Pinus taeda, L. para plantio definitivo. (Brasilien). M.Sc. Bundesuniv. Paraná, Curitiba.
- CIESLAR, A., 1899: Neues aus dem Gebiete der forstlichen Zuchtwahl. II. Die Lärche. Cbl. ges. Forstwes. 25, 99-117.
- DAVEY, C.B., 1964: Root pruning in forest nursery management. Region 8 Forest Nurserymen's Conf. Proc. 38-42, Morganton.
- DEICHMANN, V.v., 1967: Noções sobre sementes e viveiros florestais. (Brasilien). Bundesuniv. Paraná, Curitiba.
- DUHME, F.; RICHTER, H., 1977: Druckkammermethode. In: KREEB, K.: Methoden der Pflanzenökologie. S. 136-143. Jena.
- DYKSTRA, G.F., 1974: Undercutting depth may affect root-regeneration of lodgepole pine seedlings. Tree Planters' Notes Vol. 25, No. 1, 21-22.
- ENGLER, A., 1905: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. I. Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchsw. 8.
- 1913: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. II. Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchsw. 10.
- FEILER, S. et al., 1972: Einfluß von Saatgutherkunft und Anzuchtort auf die Trockenbelastbarkeit von Fichtenjungpflanzen. Wiss. Tagung über Probleme der Walderneuerung, Tharandt, 5.-6. Okt. 1972.
- FEILER, S., 1974: Über den Einfluß des Anzuchtortes auf die Entwicklung von Fichtenjungpflanzen (Picea abies (L) Karst.). Wiss. Zeitschr. der TU Dresden 23, 1419-1424.
- FIEDLER, H.J.; NEBE, W.; HOFFMANN, F., 1973: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart.

- FLURY, PH., 1895: Untersuchungen über die Entwicklung der Pflanzen in der frühesten Jugendperiode. Mitt. d. schw. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 4.
- FREESE, F., 1967: Elementary statistical methods for foresters. U.S. Forest Serv., Agric. Handb. 317.
- GESETZ über forstliches Saat- und Pflanzgut. Bundesgesetzblatt 1979, I, 1242-1261.
- GLATZEL, G., 1973: Zur Frage des Mineralstoff- und Wasserhaushalts frischverpflanzter Fichten. Cbl. ges. Forstwes. 90, 65-78.
- GRANJA, A., 1970: Contribuição ao estudo das micorrizas nas essências florestais. (Brasilien). Bundesuniv. Paraná, Curitiba.
- GROSS, K.; PHAM, N.T., 1978: Verlauf des Xylem-Wasserpotentials und des Öffnungszustandes der Stomata von Nadeln junger Fichten (*Picea abies* L Karst.) am Tage und in der Nacht bei unterschiedlicher Wasserversorgung. Forstw. Cbl. 97, 322-334.
- GROSS, K., 1980: Öffnungszustand der Stomata, Xylem-Saugpotential und Netto-Photosynthese junger Fichten vor und nach der Verpflanzung. Forstw. Cbl. 99, 12-21.
- GÜRTH, P., 1969: Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Diss. Freiburg i.Br.
- 1970a: Forstpflanzen und Kulturerfolg - eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141, 97-104.
 - 1970b: Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141, 160-172.
 - 1976: Forstpflanzen und Kulturerfolg - eine Literaturübersicht (Ergänzung 1970-1975). Allg. Forst- u. Jagdztg. 147, 240-246.
- GUTSCHICK, V., 1968: Erfahrungen mit großen Nadelholzpflanzen. Allg. Forstz. 23, 148-150.
- HALBWACHS, G., 1970: Vergleichende Untersuchungen über die Wasserbewegung in gesunden und fluorgeschädigten Holzgewächsen. Cbl. ges. Forstwes. 87, 1-22.
- HALLMAN, E. et al., 1978: The effect of planting shock on the transpiration, photosynthesis, and height increment of scots pine seedlings. Acta Forest. Fenn. Vol. 161, 1-25.
- HAVRANEK, W.; TRANQUILINI, W., 1972: Untersuchungen über den Versetzschock bei der Lärche - Wachstum und Wasserhaushalt nach dem Versetzen. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. 96, 111-135. Wien.

- HAVRANEK, W., 1975: Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. Cbl. ges. Forstwes. 92, 9-25.
- HELLKVIST, J.; RICHARDS, GP.; JARVIS, P.G., 1977: Vertical gradients of waterpotential and tissue water relations in Sitka spruce plus trees measured with pressure chamber. J. appl. Ecol. 11, 637-638.
- HESMER, H., 1952: Anzucht und Anbau der Douglasie. Forstarchiv 23, 1-13.
- HULTÉN, H., 1976: How the physiologist can improve the raising of container-grown stocks and its establishment. XVI. IUFRO-Congress 1976, Oslo, Norway.
- KARTELEV, V.G., 1969: Standardisierung von Kiefer-Pflanzenmaterial nach einem vollkommen neuen Prinzip (russ.). Lesn. Z. 12, 22-25, Moskau.
- KLEINSCHMIT, J., 1978: Vergleichende Wurzeluntersuchungen an Fichtensämlingen und Fichtenstecklingen. Forstarchiv 49, 69-74.
- KOCIECKI, St.; JANSON, L., 1969: Quality of seedlings in relation to their density. (pol.) Sylwan 1.
- KOHMANN, K., 1976: Wenig über die Sortierung von Forstpflanzen über das Versetzen von Provenienzen und über den Waldertrag (norw.). Årsskr. Nord. Skogplanteskoor, 17-21.
- KRAMER, P.J., 1969: Plant and soil water relationships: a modern synthesis. New York.
- LANGE, O.L.; MEYER, A., 1979: Mittäglicher Stomataschluß bei Aprikose (*Prunus armenica*) und Wein (*Vitis vinifera*) im Freiland trotz guter Bodenwasserversorgung. Flora 168, 511-528.
- LARSON, M.M., 1967: Effect of temperature on initial development of ponderosa pine seedlings from three sources. Forest Sci. Vol 13, No. 3.
- LEYKOLA, M.; RAULO, J., 1973: Investigations on the basis for grading nursery stock. III. Changes in morphological characteristics of nursery-stock during the vegetation period. (Finnland). Folia Forestalia, 178, Metsäntutkimuslaitos-Institutum Forest. Fenn.
- LIMSTROM, G.A., 1963: Forest planting practice in the central states. US Forest Serv., Agric. Handb. No. 247.
- LIPTÁK, J., 1970: Der Einfluß der Austrocknung von Pflanzen der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris*, L.) auf ihr Anwuchsprozent und Wachstum. (CSSR). Ved. Práce 13, 223-252.
- LOFTUS JR., N.S., 1975: Response of yellow-poplar seedlings to simulated drought. US Forest Serv., Res. Note SO-194.

- LOKVENK, T.; KRIEGER, H.; TEMMLOVÁ, B., 1977: Relation of the morphological characters of tree plants their growth after the planting. (CSSR). Práce VÚlhm 50, 49-68.
- LÜPKE, B.v., 1972a: Einfluß des Verpflanzens auf Wachstum junger Fichten und Douglasien mit unterschiedlicher Wurzelmasse. Allg. Forst- u. Jagdztg. 143, 124-132.
- 1972: Wurzelregeneration und Trockensubstanzproduktion nach dem Verpflanzen bei jungen Fichten unterschiedlichen Frischeszustandes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 143, 172-176.
 - 1973a: Wasserhaushalt junger Fichten nach dem Verpflanzen. Forstw. Cbl. 92, 311-327.
 - 1973b: Wachstum junger Fichten in Abhängigkeit von ihrem Frischeszustand vor der Pflanzung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 144, 141-146.
 - 1979: Wasserhaushalt und Trockensubstanzproduktion bei Douglasien nach dem Verpflanzen (Klimakammerversuch). Allg. Forst- u. Jagdztg. 150, 78-82.
- MAACK, R., 1968: Geografia física do Estado do Paraná. CODEPAR-Curitiba (Brasilien).
- MACNAUGHTON, V.B., 1966: What the planter expects in the way of seedling quality. Southeastern Area Forest Nurserymen Conf. 1966, Columbia and Hot Springs, Proc., Atlanta State Priv. For. Southeastern Area, 1966, 4-10.
- MALINOVSKI, J.R., 1977: Métodos de poda radicular em Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. e seus efeitos sobre a qualidade de mudas em raiz nua. (Brasilien). M.Sc. Bundesuniv. Paraná, Curitiba.
- MARX, D.H.; BRYAN, W.C., 1971: Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of loblolly pine at high temperatures. Forest Sci. Vol. 17, No. 1, 37-41.
- MARX, D.H., 1975: Mycorrhizae of forest nursery seedlings. US Forest Serv., Agric. Handb. No. 470.
- MEUSEL, H., 1943: Vergleichende Arealkunde. 2.Bd. Berlin-Zehlendorf.
- MIKUŠKA, J., 1972: Der Einfluß der Pflanzenfrische der Gemeinen Fichte (Picea excelsa Link.) auf deren Anwuchs in Forstkulturen. (CSSR). Acta Inst. Forest. Zvolensis 3, 233-273.
- MOEN, H., 1968: Ausheben und Sortierung (norw.). In: RUSTEN, A.; LANDMARK, L.: Produksjon av skogplanter. Oslo.
- MOSER, M., 1956: Die Bedeutung der Mykorrhiza für Aufforstungen in Hochlagen. Forstw. Cbl. 75, 8-18.

- 1959: Die künstliche Mykorrhizaimpfung an Forstpflanzen. III. Die Impfmethodik im Forstgarten. Forstw. Cbl. 78, 193-202.
- MRAZEK, F., 1973: Rationalisierung des Kulturbetriebes durch Verwendung zweijähriger Kiefernssämlinge mit unterschrittenem Wurzelsystem. Soz. Forstwirtschaft. 23, 343-344.
- OLDENKAMP, L., 1971: The quality of forest tree nursery stock. Stichting Bosbouwproefstation. De Dorschkamp. Meedeling No. 114. Wageningen.
- OWSTON, P.W., 1972: Cultural techniques for growing containerized seedlings. Joint Meeting, Western Forest Nursery Council and Intermountain Forest Nurserymen's Ass. Proc. 32-41. Olympia.
- PARVIAINEN, J., 1978: Qualität und Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen in Skandinavien im Vergleich zu westeuropäischen Ländern. Vortr. in Prag am 5.7.78. Maschinenschrift. 10 S.
- 1979: Einfluß des Verpflanzens und des Wurzelschnittes auf den Tagesverlauf des Xylemwasserpotentials bei Fichtenpflanzen. Forstarchiv 50, 148-153.
- PAWSEY, C.K., 1972: Survival and early development of Pinus radiata as influenced by size of planting stock. Aust. Forest Res. 5, 13-24.
- PHARIS, R.P.; KRAMER, P.S., 1964: The effects of nitrogen and drought on loblolly pine seedlings. I. Growth and composition. Forest Sci. 10, 143-150.
- RÄSÄNEN, P.K., 1972: Classification and pricing of seedlings in Finland. The Nordic Nursery Symp. 1972, Kulaa-SF.
- 1976: A new classification method for planting stock. XVI. IUFCO-Congress 1976, Oslo, Norway.
- RICHTER, J., 1971: Das Umsetzen von Douglasien im Kulturstadium. Allg. Forst- u. Jagdztg. 142, 65-69.
- RICHTER, H., 1978a: Water relations of single drying leaves: Evaluation with a Dewpoint hygrometer. J. Exper. Bot. 29, 277-280. Oxford.
- 1978b: A diagram for the description of water relation in plant cells and organs. J. Exper. Bot. 29, 1197-1203. Oxford.
- RICHTER, H.; DUHME, F.; GLATZEL, G.; KARLIC, H., 1979: Some limitations and applications of the pressure-volume curve technique in ecophysiological research. Unveröffentlicht.
- RICHTLINIE des Rates vom 20. März 1971 über die Normen für die äußere Beschaffenheit von forstlichem Vermehrungsgut. Amtsblatt d. Europäischen Gemeinschaften Nr. L 87/14 vom 17.4. 1971.

- RITCHIE, G.A.; HINCKLEY, T.M., 1975: The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecol. Res.* 9, 165-254. London.
- RUETZ, W.F., 1976: Zur Schätzung der Anwuchserfolge bei Fichte durch Wasserpotentialmessungen. *Allg. Forstz.* 39, 845-846.
- RUPF, H.; SCHONHAR, S.; ZEYHER, M., 1961: Der Forstpflanzgarten. München-Bonn-Wien.
- SABATKE-NETTO, E., 1971: O setor de inoculantes e as micorrizas de árvores florestais. (Brasilien). *Rev. Inst. Bio. Pesquisas Tecnológicas* No. 16, Curitiba.
- SCHMIDT, P., 1975: Wachstum und Wasserverbrauch bei drei Pappelklonen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 146, 38-42.
- SCHMIDT, P.; FROEMEL, E.; BRAUN, H.J., 1979a: Zwei Methoden zur Messung des Wasserverbrauchs von Bäumen. I. Bei unterschiedlich verfügbarem Wasser II. Unter Dauerberieselung. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 150, 93-99.
- SCHMIDT, P.; BRAUN, H.P.; Frömel, E., 1979b: Zwei Methoden zur Messung des Wasserverbrauchs von Bäumen. III. Kritische Betrachtung der entwickelten Methoden. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 150, 180-182.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1966: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2. erw. Auflage von: Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. München-Basel-Wien.
- SCHMIDT-VOGT, H.; GÜRTH, P., 1967: Die Bedeutung des Frischezustandes der Forstpflanzen für den Anwuchserfolg und das Jugendwachstum von Forstkulturen. XIV. IUFRO-Congress, Referate IV, Sektion 23, 539-558, München, BRD.
- 1969: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kieferpflanzen verschiedener Größen und Durchmesser. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 140, 132-142.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1970: Rationalisierung der Forstkultur durch Verwendung von Großpflanzen. *Allg. Forstz.* 10, 195-200.
- SCHMIDT-VOGT, H.; GÜRTH, P.; SCHNURBEIN, U.v., 1971: Pflanzenmorphologische und -physiologische Untersuchungen zur Begründung von Forstkulturen. *Schweiz. Z. Forstw.* 122, 205-220.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1972: Qualitätsnormen für forstliches Vermehrungsgut zur EWG-Richtlinie vom 30.3.71. *Forst- u. Holzwirt.* 27. 117-120.
- 1975: Morphologische und physiologische Eigenschaften von Pflanzen. Bedeutung und Bewertung. *Forstw. Cbl.* 94, 19-28.
- 1977: Nachkommenschaftsprüfung deutscher Fichten-Erntereviere. *Allg. Forstz.* 28, 26-30.

- SCHMIDT-VOGT, H.; GÜRTH, P., 1977: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. II Mitt: Auspflanzungsversuche mit Fichtenpflanzen verschiedener Größen und Durchmesser mit Winkel- und Lochpflanzung (Abschlußbericht). Allg. Forst- u. Jagdztg. 148, 145-157.
- SCHNELLE, F., 1958: Großer Herder Atlas. Karte der Dauer der Vegetationsperiode in Deutschland.
- SCHOLANDER, P.F. et al., 1964: Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 52, 119-125.
- 1965: Sap pressure in vascular plants. Science, 148. 339-346.
- SCHUBERT, G.H.; ADAMS, R.S., 1971: Reforestation practices for conifers in California. Resources Agency, Dept. of Conservation, Division of Forestry. Sacramento.
- SCHUURMANN, J.J.; GOEDEWAAGEN, M.A.J., 1971: Methods for the examination of root systems and roots. Pudoc 2. Aufl. Wageningen.
- SHOULDERS, E, 1963: Root-pruning southern pines in the nursery. US Forest Serv., Res. Paper SO-5.
- SPANNER, D.C., 1973: The components of the water potential in plants and soils. J. Exper. Bot. 24, 816-819. Oxford.
- STOECKELER, J.H.; JONES, G.W., 1957: Forest nursery practice in the Lake States. US Forest Serv., Agric. Handb. 110.
- STOECKELER, J.H.; SLABAUGH, P.E., 1965: Conifer nursery practice in the prairie-plains. US Forest Serv., Agric. Handb. 279.
- STOECKELER, J.H., 1967: Seedbed density affects size of 3/0 green ash nursery stock. US Forest Serv., Res. Note NC-25.
- SUTTON, R.F., 1967: Influence of root pruning on height increment and root development of outplanted spruce. Canad. J. Bot. 45, 1671-1682.
- TALLEY, P.S.; DEALY, J.E., 1975: Relationship of root length to stem diameter in curlyleaf mountain-mahogany. US Forest Serv., Res. Note PNW-254.
- TESCHE, M. et al., 1972: Untersuchungen über einige physiologische Grundlagen der Stoffproduktion von Fichtenjungpflanzen zweier verschiedener Herkünfte. Forschungsabschlußber., Tharandt, unveröff.
- TRANQUILINI, W., 1973: Der Wasserhaushalt junger Forstpflanzen nach dem Versetzen und seine Beeinflußbarkeit. Cbl. ges. Forstwes. 90, 46-52.

- TRAPPE, J.M., 1971: Root pruning conifers in nursery beds: does it increase survival potential? Tree Planters' Notes Vol. 22, Nr. 3.
- TYREE, M.T.; HAMMEL, H.T., 1972; The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. J. Exper. Bot. 23, 267-282. Oxford.
- UNGER, H., 1975: Der Verlauf des Xylem-Saugpotentials von eingetopften Fichten verschiedener Herkunft bei abgestufter Wasserversorgung (gemessen mit der Scholander-Bombe). Unveröff. Diplomarb. Waldbau-Inst. Univ. Freiburg i.Br.
- VLIET, C., 1958: O pinheiro brasileiro plantado com mudas de raízes cortadas. (Brasilien). Anuário Brasileiro de Economia Florestal, 10, 89-102.
- WAKELEY, P.C., 1954: Planting the southern pines. US Forest Serv., Monograph No. 18.
- WEEB, C.D., 1966: Seedling grade in hardwoods. Southeastern Area Forest Nurserymen Conferences, Columbia and Hot Springs, 1966, Proc. Atlanta, State and Private Forestry, Southeastern Area, 11-15.
- WILSON, B.C.; CAMPBELL, R.K., 1972: Seedbed density influences height, diameter, and dry weight of 3/0 douglas-fir. Tree Planters' Notes Vol. 23, No. 2.

5 ANHANG / TABELLEN

Tab. 42: Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Mitte und Alter 2+0 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte						Wurzel- prozent
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)			
					Wurzel	Pflanzen		
8	84023	23,96	2,90	8,26	0,48	2,46	19,51	
DURCHSCHNITT MITTE		23,96	2,90	8,26	0,48	2,46	19,51	

Tab. 43: Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
Bereich Süden und Alter 2+0 j.)

Baumschul- nummer		Her- künfte	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen		
3	84019	15,03	2,32	6,48	0,29	1,04	27,88	
	84023	13,86	1,50	9,24	0,13	0,54	24,07	
Durchschnitt		14,44	1,91	7,56	0,21	0,79	26,58	
14	84013	25,02	3,00	8,34	0,41	2,15	19,07	
Durchschnitt		25,02	3,00	8,34	0,41	2,15	19,07	
16	84019	15,76	1,74	9,06	0,23	0,95	24,21	
Durchschnitt		15,76	1,74	9,06	0,23	0,95	24,21	
DURCHSCHNITT SÜDEN		17,42	2,14	8,14	0,26	1,17	22,22	

Tab. 44 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Nord und Alter 2+1 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte						Wurzel- prozent
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)			
					Wurzel	Pflanzen		
6	84019	34,20	6,10	5,61	3,69	15,80	23,35	
Durchschnitt		34,20	6,10	5,61	3,69	15,80	23,35	
11	84001	19,74	4,52	4,37	1,41	7,28	19,37	
	84002	24,60	5,58	4,41	1,68	10,28	16,34	
	84011	23,20	4,78	4,85	1,50	8,04	18,66	
	84013	28,56	6,24	4,58	3,05	15,38	19,83	
Durchschnitt		24,02	5,28	4,55	1,91	10,24	18,65	
12	84002	32,30	5,98	5,40	3,73	13,48	27,67	
	84003	44,36	7,48	5,93	4,52	23,33	19,37	
	84007	44,48	7,68	5,79	4,88	23,19	21,04	
Durchschnitt		40,38	7,05	5,73	4,38	20,00	21,90	
DURCHSCHNITT NORD		31,43	6,04	5,20	3,06	14,60	20,96	

Tab. 45 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Mitte und Alter 2+1 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Wdh	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen	
1	84002	19,52	4,78	4,08	1,97	6,10	32,30
	84019	32,84	6,22	5,28	3,79	12,50	30,32
	84023	35,66	6,10	5,84	3,36	13,51	24,87
Durchschnitt		29,34	5,70	5,14	3,04	10,70	28,41
2	84002	42,48	7,18	5,92	4,45	21,12	21,07
	84023	45,44	6,98	6,51	3,76	18,61	20,20
Durchschnitt		43,96	7,08	6,21	4,10	19,86	20,64
7	84002	32,12	6,42	5,00	3,97	14,94	26,57
	84023	34,38	6,98	4,92	4,22	17,86	23,63
Durchschnitt		33,25	6,70	4,96	4,10	16,40	25,00
8	84002	27,36	4,54	6,03	2,37	7,88	30,08
	84019	40,56	7,12	5,70	5,51	18,97	29,04
	84023	27,60	5,20	5,31	2,40	8,85	27,12
Durchschnitt		31,84	5,62	5,66	3,43	11,90	28,82
17	84014	15,42	3,34	4,62	0,73	2,96	24,66
	84023	16,48	3,70	4,45	0,91	3,74	24,33
Durchschnitt		15,95	3,52	4,53	0,82	3,35	24,48
DURCHSCHNITT MITTE		30,82	5,71	5,40	3,12	12,25	25,47

Tab. 46: Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Süden und Alter 2+1 j.)

Baumschul- nummer		Her- künfte	Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Whd	Trockengewicht (g)			
					Wurzel	Pflanzen		
3	84019	22,38	3,94	5,68	1,36	4,61	29,50	
	84023	27,46	5,70	4,82	2,63	9,16	28,71	
Durchschnitt		24,92	4,82	5,17	2,00	6,88	29,07	
4	84019	23,88	4,58	5,21	1,83	6,08	30,10	
	84020	21,92	4,88	4,49	1,78	5,91	30,12	
Durchschnitt		22,90	4,73	4,84	1,80	6,00	30,00	
10	84002	48,88	9,32	5,24	5,99	30,44	19,68	
	84008	40,80	7,44	5,48	4,24	20,39	20,79	
	84009	33,74	6,87	4,91	3,30	15,49	21,30	
Durchschnitt		41,14	7,88	5,22	4,51	22,11	20,40	
14	84013	27,72	6,42	4,32	4,70	14,53	32,35	
Durchschnitt		27,72	6,42	4,32	4,70	14,53	32,35	
15	84017	40,42	7,04	5,74	3,72	16,64	22,36	
Durchschnitt		40,42	7,04	5,74	3,72	16,64	22,36	
16	84019	24,92	4,96	5,02	2,98	9,91	30,07	
Durchschnitt		24,92	4,96	5,02	2,98	9,91	30,07	
DURCHSCHNITT SÜDEN		31,21	6,12	5,10	3,25	13,32	24,40	

Tab. 47: Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Nord und Alter 2+2 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Wdh	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen	
5	84002	46,92	9,14	5,13	8,37	37,32	22,43
	84023	54,60	10,08	5,42	10,19	51,12	19,93
Durchschnitt		50,76	9,61	5,28	9,28	44,22	20,98
6	84002	40,10	8,26	4,85	7,87	33,02	23,83
	84019	50,58	8,30	6,09	5,87	31,95	18,37
Durchschnitt		45,34	8,28	5,48	6,87	32,48	21,15
11	84002	31,00	8,26	3,75	4,06	25,88	15,69
Durchschnitt		31,00	8,26	3,75	4,06	25,88	15,69
12	84002	42,14	8,18	5,15	5,75	27,16	21,17
	84003	46,48	8,30	5,60	5,52	27,60	20,00
	84007	45,26	8,48	5,34	5,70	29,08	19,60
Durchschnitt		44,63	8,32	5,36	5,66	27,95	20,25
DURCHSCHNITT NORD		44,64	8,62	5,18	6,67	32,89	20,28

Tab. 48 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen-
(Bereich Mitte und Alter 2+2 j.)

Baumschul- nummer		Her- künfte	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
1	84019	38,88	7,16	5,43	5,60	18,70	29,95	
	84023	46,26	7,86	5,88	7,09	26,32	26,94	
Durchschnitt		42,57	7,51	5,67	6,34	22,51	28,16	
2	84002	47,48	8,56	5,55	6,62	30,87	21,44	
	84023	47,72	8,04	5,94	5,79	26,28	22,03	
Durchschnitt		47,60	8,30	5,73	6,20	28,58	21,69	
7	84023	55,64	11,30	4,92	12,28	57,08	21,51	
Durchschnitt		55,64	11,30	4,92	12,28	57,08	21,51	
9	84023	60,00	8,34	7,19	7,39	38,63	19,13	
Durchschnitt		60,00	8,34	7,19	7,39	38,63	19,13	
13	84023	41,26	9,38	4,40	9,31	36,89	25,24	
Durchschnitt		41,26	9,38	4,40	9,31	36,89	25,24	
DURCHSCHNITT MITTE		48,18	8,66	5,56	7,72	33,54	23,02	

Tab. 49 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Süden und Alter 2+2 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Wdh	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen	
3	84019	26,18	5,56	4,71	2,50	9,55	26,18
	84023	49,22	8,52	5,78	6,00	32,06	18,71
Durchschnitt		37,70	7,04	5,36	4,25	20,80	20,43
4	84019	39,26	6,02	6,52	2,66	12,14	21,91
	84020	30,36	6,82	4,45	3,76	14,64	25,68
Durchschnitt		34,81	6,42	5,42	3,21	13,39	23,97
10	84002	52,06	10,56	4,93	9,24	45,15	20,46
	84008	42,18	9,36	4,51	7,53	34,00	22,15
Durchschnitt		47,12	9,96	4,73	8,38	39,58	21,17
14	84013	50,68	10,52	4,82	9,30	40,54	22,94
Durchschnitt		50,68	10,52	4,82	9,30	40,54	22,94
15	84017	46,56	7,48	6,22	6,44	26,38	24,41
Durchschnitt		46,56	7,48	6,22	6,44	26,38	24,41
DURCHSCHNITT SÜDEN		42,06	8,10	5,19	5,93	26,81	22,12

Tab. 50 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen)
(Bereich Nord und Alter 1+0 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	pflanzen	
5	85104	10,84	2,14	5,06	0,17	1,06	16,04
	85120	7,64	2,32	3,29	0,16	0,72	22,22
Durchschnitt		9,24	2,23	4,14	0,16	0,89	19,98
6	85104	8,58	2,40	3,57	0,18	0,84	21,43
	Durchschnitt	8,58	2,40	3,57	0,18	0,84	21,43
12	85103	8,78	2,56	3,43	0,12	0,70	17,14
	85104	8,92	2,68	3,32	0,13	0,72	18,06
	85111	9,28	2,66	3,49	0,13	0,69	18,84
Durchschnitt		8,99	2,63	3,42	0,13	0,70	18,57
DURCHSCHNITT NORD		9,01	2,46	3,66	0,15	0,79	18,99

Tab. 51 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Mitte und Alter 1+0 j.)

Baumschul- nummer		Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent	
					Wurzel	Pflanzen		
1		85118	6,94	1,82	3,81	0,12	0,64	18,75
Durchschnitt			6,94	1,82	3,81	0,12	0,64	18,75
2		85111	6,66	1,80	3,70	0,12	0,54	22,22
		85118	6,40	1,86	3,44	0,11	0,54	20,37
Durchschnitt			6,53	1,83	3,57	0,12	0,54	22,22
7		85118	9,42	2,04	4,62	0,17	0,85	20,00
Durchschnitt			9,42	2,04	4,62	0,17	0,85	20,00
8		85118	7,20	1,86	3,87	0,13	0,57	22,81
		85120	8,54	2,02	4,23	0,22	0,64	34,38
Durchschnitt			7,87	1,94	4,06	0,18	0,60	30,00
9		85118	9,62	2,04	4,72	0,15	0,70	21,43
Durchschnitt			9,62	2,04	4,72	0,15	0,70	21,43
13		85118	6,40	1,70	3,76	0,15	0,50	30,00
Durchschnitt			6,40	1,70	3,76	0,15	0,50	30,00
17		85118	4,18	1,14	3,67	0,08	0,30	26,67
		85120	4,42	1,22	3,62	0,09	0,29	31,03
Durchschnitt			4,30	1,18	3,64	0,08	0,30	26,67
DURCHSCHNITT MITTE			6,98	1,75	3,99	0,13	0,56	23,21

Tab. 52: Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Süden und Alter 1+0 j.)

Baumschul- nummer		Her- künfte	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
3		85115	4,62	1,22	3,79	0,08	0,28	28,57
		85116	4,24	1,08	3,92	0,09	0,30	30,00
		85117	3,98	1,04	3,83	0,09	0,27	33,33
Durchschnitt			4,28	1,11	3,86	0,09	0,28	32,14
4		85122	5,88	1,34	4,39	0,05	0,21	23,81
Durchschnitt			5,88	1,34	4,39	0,05	0,21	23,81
10		85115	6,48	1,80	3,60	0,13	0,57	22,81
Durchschnitt			6,48	1,80	3,60	0,13	0,57	22,81
14		85111	7,44	2,12	3,51	0,22	0,86	25,58
Durchschnitt			7,44	2,12	3,51	0,22	0,86	25,58
DURCHSCHNITT SÜDEN			5,44	1,43	3,80	0,11	0,42	26,19

Tab. 53 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Mitte und Alter 2+0 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	(H) Sproßhöhe (cm)	Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
			(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	H Whd	Trockengewicht (g)			
					Wurzel	Pflanzen		
17	85118	9,66	3,60	2,68	0,52	2,69	19,33	
	85120	11,22	3,66	3,06	0,58	2,93	19,80	
DURCHSCHNITT MITTE		10,44	3,63	2,88	0,55	2,81	19,57	

Tab. 54 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Süden und Alter 2+0 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte				
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g) Wurzel Pflanzen	Wurzel prozent
4	85122	9,84	3,56	2,76	0,40	2,18
Durchschnitt		9,84	3,56	2,76	0,40	2,18
14	85111	12,98	4,16	3,12	0,64	2,38
Durchschnitt		12,98	4,16	3,12	0,64	2,38
DURCHSCHNITT SÜDEN		11,41	3,86	2,96	0,52	2,28
						22,81

Tab. 55 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Nord und Alter 1+1 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	$\frac{\text{Trockengewicht (g)}}{\text{Wurzel}}$	$\frac{\text{Pflanzen}}$	
5	85104	14,90	4,90	3,04	1,46	6,53	22,36
Durchschnitt		14,90	4,90	3,04	1,46	6,53	22,36
6	85104	10,56	3,76	2,81	0,88	3,48	25,29
Durchschnitt		10,56	3,76	2,81	0,88	3,48	25,29
DURCHSCHNITT NORD		12,73	4,33	2,94	1,17	5,00	23,40

Tab. 56 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Mitte und Alter 1+1 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen	
2	85111	11,56	4,80	2,41	0,97	3,99	24,31
	85118	13,74	5,44	2,52	1,61	6,15	26,18
Durchschnitt		12,65	5,12	2,47	1,29	5,07	25,44
7	85118	11,78	5,78	2,04	1,34	5,02	26,69
Durchschnitt		11,78	5,78	2,04	1,34	5,02	26,69
8	85118	18,06	6,28	2,88	1,69	6,54	25,84
	85120	17,26	6,72	2,57	2,12	7,35	28,84
Durchschnitt		17,66	6,50	2,72	1,90	6,94	27,38
9	85118	14,14	5,38	2,63	1,63	5,61	29,06
Durchschnitt		14,14	5,38	2,63	1,63	5,61	29,06
13	85118	9,38	4,71	1,99	0,90	2,67	33,71
Durchschnitt		9,38	4,71	1,99	0,90	2,67	33,71
DURCHSCHNITT MITTE		13,70	5,59	2,45	1,46	5,33	27,39

Tab. 57 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter und Baumschulen.
(Bereich Süden und Alter 1+1 j.)

Baumschul- nummer	Her- künfte	Durchschnittswerte					
		(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
					Wurzel	Pflanzen	
3	85115	11,31	4,40	2,57	0,92	3,71	24,80
	85116	12,24	4,28	2,86	1,06	4,00	26,50
	85117	11,00	4,06	2,71	0,89	3,44	25,87
Durchschnitt		11,52	4,25	2,71	0,96	3,72	25,81
14	85111	18,36	6,82	2,69	1,74	8,85	19,66
Durchschnitt		18,36	6,82	2,69	1,74	8,85	19,66
DURCHSCHNITT SÜDEN		13,23	4,89	2,70	1,15	5,00	23,00

Tab. 58 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Mitte, Alter 2+0 j. und Höhestufe 11 - 15 cm)

Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte				
			(H) Sproßhöhe (cm)	(W _{hd}) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{W_{hd}}$	Trockengewicht (g)	
						Wurzel	Pflanzen
							Wurzel- prozent
8	84023	0					

Tab. 59 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Süden, Alter 2+0 j. und Höhenstufe 11 - 15 cm)

Durchschnittswerte									
Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Wzhd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wzhd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent	
						Wurzel	Pflanzen		
3	84019	31	13,48	2,19	6,16	0,24	0,82	29,27	
	84023	41	13,36	1,51	8,85	0,12	0,51	23,53	
Durchschnitt			13,41	1,80	7,45	0,17	0,64	26,56	
14	84013	0							
Durchschnitt									
16	84019	27	14,11	1,44	9,80	0,17	0,65	26,15	
Durchschnitt			14,11	1,44	9,80	0,17	0,65	26,15	
DURCHSCHNITT SÜDEN			13,60	1,70	8,00	0,17	0,65	26,15	

Tab. 60 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Nord, Alter 2+1 j. und Höhenstufe 21 - 30 cm)

Durchschnittswerte								
Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	pflanzen	
6	84019	16	26,81	4,94	5,43	2,19	8,88	24,66
	Durchschnitt		26,81	4,94	5,43	2,19	8,88	24,66
11	84001	19	23,79	5,47	4,35	1,89	10,26	18,42
	84002	33	24,52	5,61	4,37	1,61	9,55	16,86
	84011	29	25,41	5,10	4,98	1,66	8,90	18,65
	84013	23	25,65	5,78	4,44	2,30	12,34	18,64
	Durchschnitt		24,88	5,48	4,54	1,83	10,12	18,08
12	84002	20	26,90	4,90	5,49	2,38	8,63	27,58
	84003	0	.		.			
	84007	0						
	Durchschnitt		26,90	4,90	5,49	2,38	8,63	27,58
	DURCHSCHNITT NORD		25,39	5,34	4,75	1,95	9,76	19,98

Tab. 61 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Mitte, Alter 2+1 j. und Höhenstufe 21 - 30 cm)

Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelschaftsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
1	84002	17	24,24	5,53	4,38	2,82	9,08	31,06
	84019	19	27,79	5,63	4,94	2,95	9,24	31,93
	84023	11	26,09	4,73	5,52	2,00	7,82	25,58
Durchschnitt			26,11	5,38	4,85	2,68	8,85	30,28
2	84002	2	23,00	4,50	5,11	1,75	6,75	25,92
	84023	2	30,00	6,00	5,00	3,00	13,00	23,08
Durchschnitt			26,50	5,25	5,05	2,38	9,88	24,09
7	84002	16	27,56	5,94	4,64	3,56	13,62	26,14
	84023	10	28,40	6,00	4,73	3,25	12,95	25,10
Durchschnitt			27,88	5,96	4,68	3,44	13,36	25,75
8	84002	27	25,30	4,33	5,84	2,11	6,81	30,98
	84019	4	27,00	4,75	5,68	2,12	6,62	32,02
	84023	29	25,72	4,79	5,37	1,95	6,95	28,06
Durchschnitt			25,62	4,58	5,59	2,03	6,86	29,59
17	84014	5	21,20	4,00	5,30	0,80	3,70	21,62
	84023	4	21,00	4,25	4,94	1,38	5,63	24,51
Durchschnitt			21,11	4,11	5,14	1,06	4,56	23,24
DURCHSCHNITT MITTE			25,92	5,07	5,11	2,44	8,60	28,37

Tab. 62 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Süden, Alter 2+1 j. und Höhenstufe 21 - 30 cm)

Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
3	84019	30	23,20	4,14	5,60	1,50	5,02	29,88
	84023	33	25,82	5,58	4,63	2,45	8,57	28,59
	Durchschnitt		24,57	4,89	5,02	2,00	6,88	29,07
4	84019	29	24,93	4,76	5,24	1,93	6,50	29,69
	84020	30	23,93	5,13	4,66	1,98	6,66	29,73
	Durchschnitt		24,42	4,95	4,93	1,96	6,58	29,79
10	84002	0						
	84008	2	29,50	6,00	4,92	2,75	12,75	21,57
	84009	16	27,44	5,62	4,88	2,06	9,65	21,35
	Durchschnitt		27,67	5,66	4,89	2,14	9,99	21,42
14	84013	29	25,52	6,07	4,20	4,29	12,95	33,13
	Durchschnitt		25,52	6,07	4,20	4,29	12,95	33,13
15	84017	6	27,83	6,33	4,40	3,00	10,50	28,57
	Durchschnitt		27,83	6,33	4,40	3,00	10,50	28,57
16	84019	26	25,00	5,12	4,88	2,94	9,82	29,94
	Durchschnitt		25,00	5,12	4,88	2,94	9,82	29,94
	DURCHSCHNITT SÜDEN		25,09	5,22	4,81	2,48	8,44	29,38

Tab. 63 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Nord, Alter 2+2 j. und Höhenstufe 41 - 50 cm)..

Baumschul- nummer			Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					
Herkünfte	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)		$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent		
					Wurzel	Pflanzen			
5	84002	23	44,13	8,61	5,12	6,56	29,34	22,36	
	84023	14	45,57	8,43	5,40	7,64	37,82	20,20	
Durchschnitt			44,67	8,54	5,23	6,97	32,55	21,41	
6	84002	22	43,54	8,73	4,99	7,82	35,34	22,13	
	84019	15	45,67	7,87	5,80	4,50	24,00	18,75	
Durchschnitt			44,40	8,38	5,30	6,47	30,74	21,05	
11	84002	10	43,90	11,70	3,75	7,30	50,40	14,48	
	Durchschnitt			43,90	11,70	3,75	7,30	50,40	
12	84002	15	44,20	7,93	5,57	5,73	26,66	21,49	
	84003	18	45,83	8,44	5,43	5,72	28,44	20,11	
	84007	25	44,72	8,32	5,38	5,28	27,28	19,35	
Durchschnitt			44,93	8,26	5,44	5,53	27,48	20,12	
DURCHSCHNITT NORD			44,65	8,61	5,18	6,20	31,26	20,09	

Tab. 64 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe und der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Mitte, Alter 2+2 j. und Höhenstufe 41 - 50 cm)

Baumschul-nummer				Durchschnittswerte					
Herkünfte		Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent	
						Wurzel	Pflanzen		
1	84019	16	45,25	7,88	5,74	6,66	22,13	30,09	
	84023	28	45,89	7,89	5,82	6,70	25,77	26,00	
Durchschnitt			45,66	7,89	5,79	6,68	24,45	27,32	
2	84002	20	46,35	8,60	5,39	6,98	30,68	22,75	
	84023	16	45,69	7,62	6,00	4,66	21,94	21,24	
Durchschnitt			46,06	8,16	5,64	5,95	26,80	22,20	
7	84023	15	46,80	9,93	4,71	9,73	42,20	23,06	
Durchschnitt			46,80	9,93	4,71	9,73	42,20	23,06	
9	84023	9	46,78	6,33	7,39	3,39	16,83	20,14	
Durchschnitt			46,78	6,33	7,39	3,39	16,83	20,14	
13	84023	14	45,57	10,93	4,17	12,68	51,82	24,47	
Durchschnitt			45,57	10,93	4,17	12,68	51,82	24,47	
DURCHSCHNITT MITTE			46,00	8,47	5,43	7,31	30,09	24,29	

Tab. 65 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Fichten-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen (Bereich Süden, Alter 2+2 j. und Höhenstufe 41 - 50 cm)

			Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		
						Wurzel	Pflanzen	
3	84019	0	45,00	7,67	5,87	5,18	26,43	19,60
	84023	21						
Durchschnitt			45,00	7,67	5,87	5,18	26,43	19,60
4	84019	14	44,07	6,36	6,93	3,57	15,89	22,47
	84020	0						
Durchschnitt			44,07	6,36	6,93	3,57	15,89	22,47
10	84002	20	46,50	9,60	4,84	8,20	37,85	21,66
	84008	25						
Durchschnitt			45,58	9,78	4,66	8,36	38,46	21,74
14	84013	16	45,94	9,44	4,87	6,88	30,07	22,88
	Durchschnitt							
15	84017	17	45,88	7,12	6,44	5,70	23,94	23,81
	Durchschnitt							
DURCHSCHNITT SÜDEN			45,38	8,51	5,33	6,56	30,05	21,83

Tab. 66 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Nord, Alter 1+0 j. und Höhenstufe 6 - 10 cm)

Baumschul-nummer			Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					Wurzel-prozent
Herkünfte	(H) Sproßhöhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)		$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g)				
					Wurzel	Pflanzen			
5	85104	25	9,76	2,00	4,88	0,16	0,94	17,02	
	85120	42	7,86	2,38	3,30	0,15	0,73	20,55	
Durchschnitt			8,57	2,24	3,82	0,15	0,81	18,52	
6	85104	40	8,38	2,45	3,42	0,18	0,82	21,95	
Durchschnitt			8,38	2,45	3,42	0,18	0,82	21,95	
12	85103	33	8,24	2,39	3,45	0,09	0,56	16,07	
	85104	31	8,29	2,55	3,25	0,11	0,63	17,46	
	85111	30	8,67	2,53	3,43	0,12	0,65	18,46	
Durchschnitt			8,39	2,49	3,37	0,11	0,61	18,03	
DURCHSCHNITT NORD			8,45	2,40	3,52	0,14	0,72	19,44	

Tab. 67 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Mitte, Alter 1+0 j. und Höhenstufe 6 - 10 cm)

Baumschul-nummer			Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					
					(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
1			85118	41	7,54	1,93	3,91	0,12	0,69	17,39
Durchschnitt					7,54	1,93	3,91	0,12	0,69	17,39
2	85111	36	7,33		1,83	4,00	0,12	0,61		19,67
	85118	35	7,11		2,03	3,50	0,12	0,60		20,00
Durchschnitt					7,22	1,93	3,74	0,12	0,60	20,00
7	85118	28	8,64		1,96	4,41	0,14	0,71		19,72
Durchschnitt					8,64	1,96	4,41	0,14	0,71	19,72
8	85118	39	7,69		1,92	4,00	0,13	0,59		22,03
	85120	28	8,39		2,11	3,98	0,12	0,53		22,64
Durchschnitt					7,98	2,00	3,99	0,12	0,56	21,43
9	85118	28	8,86		1,93	4,59	0,14	0,64		21,88
Durchschnitt					8,86	1,93	4,59	0,14	0,64	21,88
13	85118	37	6,97		1,86	3,75	0,15	0,54		27,78
Durchschnitt					6,97	1,86	3,75	0,15	0,54	27,78
17	85118	8	6,12		1,50	4,08	0,19	0,63		30,16
	85120	9	6,33		1,56	4,06	0,17	0,50		34,00
Durchschnitt					6,23	1,53	4,07	0,18	0,56	32,14
DURCHSCHNITT MITTE					7,65	1,92	3,98	0,13	0,61	21,31

Tab. 68 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Süden, Alter 1+0 j. und Höhenstufe 6 - 10 cm)

Durchschnittswerte								
Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
3	85115	16	6,50	1,56	4,17	0,11	0,42	26,19
	85116	9	6,22	1,33	4,68	0,17	0,50	34,00
	85117	3	6,33	1,67	3,79	0,33	0,83	39,76
Durchschnitt			6,39	1,50	4,26	0,15	0,49	30,61
4	85122	33	6,64	1,52	4,37	0,06	0,26	23,08
Durchschnitt			6,64	1,52	4,37	0,06	0,26	23,08
10	85115	35	7,14	1,94	3,68	0,13	0,61	21,31
Durchschnitt			7,14	1,94	3,68	0,13	0,61	21,31
14	85111	40	7,72	2,20	3,51	0,20	0,86	23,26
Durchschnitt			7,72	2,20	3,51	0,20	0,86	23,26
DURCHSCHNITT SÜDEN			7,04	1,82	3,87	0,14	0,57	24,56

Tab. 69 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Mitte, Alter 2+0 j. und Höhenstufe 6 - 10 cm)

Durchschnittswerte								
Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
17	85118	34	8,50	3,15	2,70	0,38	2,01	18,90
	85120	22	8,86	3,00	2,95	0,41	1,98	20,71
DURCHSCHNITT MITTE			8,64	3,09	2,80	0,39	2,00	19,50

Tab. 70 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen.
(Bereich Süden, Alter 2+0 j. und Höhenstufe 6 - 10 cm)

Baumschul- nummer			Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
Herkünfte		(H) Sproßhöhe (cm)		Wurzelhalsdurchmesser (mm)	(Whd)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)		
							Wurzel	Pflanzen	
4	85122	25	8,44	3,16		2,67	0,36	1,78	20,22
Durchschnitt			8,44	3,16		2,67	0,36	1,78	20,22
14	85111	12	9,17	3,50		2,62	0,38	0,71	53,52
Durchschnitt			9,17	3,50		2,62	0,38	0,71	53,52
DURCHSCHNITT SÜDEN			8,68	3,27		2,65	0,37	1,43	25,87

Tab. 71 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Nord, Alter 1+1 j. und Höhenstufe 11 - 20 cm)

Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					
			(H) Sproßhöhe (cm)	(wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{wdh}$	Trockengewicht (g)		Wurzel- prozent
						Wurzel	Pflanzen	
5	85104	35	15,17	5,03	3,02	1,51	6,71	22,50
Durchschnitt			15,17	5,03	3,02	1,51	6,71	22,50
6	85104	22	14,00	4,32	3,24	1,16	4,73	24,52
Durchschnitt			14,00	4,32	3,24	1,16	4,73	24,52
DURCHSCHNITT NORD			14,72	4,76	3,09	1,37	5,94	23,06

Tab. 72 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Mitte, Alter 1+1 j. und Höhenstufe 11 - 20 cm)

Baumschul- nummer			Herkünfte		Pflanzenzahl	Durchschnittswerte					Wurzel- prozent
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Wdh) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Wdh}$	Trockengewicht (g)		Wurzel			
						Pflanzen					
2	85111	32	12,88	5,16	2,50	1,12	4,52	24,78	24,78		
	85118	35	13,94	5,48	2,54	1,64	6,20	26,45	26,45		
Durchschnitt			13,43	5,33	2,52	1,39	5,40	25,74	25,74		
7	85118	24	14,50	6,67	2,17	1,73	6,33	27,33	27,33		
Durchschnitt			14,50	6,67	2,17	1,73	6,33	27,33	27,33		
8	85118	30	16,70	5,90	2,83	1,37	5,24	26,14	26,14		
	85120	31	16,64	6,68	2,49	1,94	6,70	28,96	28,96		
Durchschnitt			16,67	6,30	2,65	1,66	5,98	27,76	27,76		
9	85118	35	14,46	5,37	2,69	1,57	5,51	28,49	28,49		
Durchschnitt			14,46	5,37	2,69	1,57	5,51	28,49	28,49		
13	85118	14	12,07	5,78	2,09	1,46	4,46	32,74	32,74		
Durchschnitt			12,07	5,78	2,09	1,46	4,46	32,74	32,74		
DURCHSCHNITT MITTE			14,63	5,82	2,51	1,55	5,64	27,48	27,48		

Tab. 73 : Darstellung der morphologischen Merkmale der untersuchten Kiefern-Herkünfte, geordnet nach Bereich, Alter, der Höhenstufe mit der größten Pflanzenzahl und Baumschulen. (Bereich Süden, Alter 1+1 j. und Höhenstufe 11 - 20 cm)

Baumschul- nummer	Herkünfte	Pflanzenzahl	Durchschnittswerte						Wurzel- prozent
			(H) Sproßhöhe (cm)	(Whd) Wurzelhalsdurchmesser (mm)	$\frac{H}{Whd}$	Trockengewicht (g)			
						Wurzel	Pflanzen		
3	85115	28	12,72	4,86	2,62	1,11	4,49	24,72	
	85116	38	13,05	4,55	2,87	1,16	4,41	26,30	
	85117	30	12,37	4,47	2,77	1,08	4,15	26,02	
Durchschnitt			12,74	4,62	2,76	1,12	4,35	25,75	
14	85111	35	15,88	6,28	2,53	1,41	7,37	19,13	
Durchschnitt			15,88	6,28	2,53	1,41	7,37	19,13	
DURCHSCHNITT SÜDEN			13,58	5,06	2,68	1,20	5,16	23,26	

Lebenslauf

Ich, José Geraldo de Araujo Carneiro, wurde am 12. Juni 1942 als Sohn des Laurindo Torres Carneiro -Zahnarzt- und seiner Ehefrau Nair Araujo Carneiro in Viçosa, Minas Gerais, Brasilien, geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Viçosa von 1950 bis 1953 besuchte ich das Gymnasium, wo ich 1961 die Reifeprüfung ablegte. Danach studierte ich an der Forstfakultät, zunächst in Viçosa, dann in Curitiba, wo ich 1966 mein Studium als Forstingenieur abschloß.

1967 trat ich in die Universidade Federal do Paraná ein, wo ich als Auxiliar de Ensino die Funktion eines Professors für Waldbau ausübte. Gleichzeitig arbeitete ich in dem Ministerium für Landwirtschaft des Bundeslandes Paraná als Leiter der Forstabteilung.

Außerdem war ich in der Zeit von 1968 bis 1972 Technischer Direktor der Forstabteilung bei der Möbelindustrie Guelmann do Paraná S.A. und von 1968 bis 1970 bei der Firma Soremal-Sociedade Reflorestadora Mauá Ltda.

1973 begann ich den Postgraduiertenkurs an der Forstfakultät der Universidade Federal do Paraná, mit dem Ziel einer Spezialisierung im Waldbau. Im gleichen Jahr erhielt ich auch an dieser Universität die Stelle eines Assistenzprofessors.

1974 schied ich aus dem Ministerium für Landwirtschaft aus, um mich ausschließlich meiner Arbeit an der Universität zu widmen.

1975 wurde ich für die Dauer von 2 Jahren zum Koordinator des Studiengangs für Forstingenieure gewählt.

Im Mai 1976 wurde ich zum Koordinator des Abkommens zwischen der Universidade Federal do Paraná und der Universidade do Amazonas ernannt.

Im Oktober 1976 schloß ich als Magister mein Studium an der Universidade Federal do Paraná ab. Thema meiner Magisterarbeit war die Pflanzenqualität in Baumschulen.

Von April 1977 bis September 1977 besuchte ich einen Sprachkurs am Goetheinstitut in Freiburg i. Br. und begann als Sonderstipendiat des Brasilienfonds des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft im Oktober 1977 meine Promotion an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg. Während der Laufzeit des Stipendiums wurde ich von der Alexander von Humboldt-Stiftung betreut.



